

METODOLOGÍA DEL ANÁLISIS DE RIESGOS: NORMA ASTM-E 1739-95

**Margot Bertol
TEMA 2000 S.A.**

SINOPSIS

El análisis de riesgo como herramienta de aplicación a suelos y agua subterránea, es una metodología que permite evaluar la gravedad de la contaminación en un sitio dado.

A diferencia del uso de listas genéricas de contaminantes, el Análisis de Riesgo tiene en cuenta las condiciones y características que le son propias a cada emplazamiento y su entorno.

El análisis de riesgo, cada vez más aplicado, se configura como la mejor herramienta para sistematizar la toma de decisiones en el campo de los suelos y aguas contaminadas, no sólo para decidir iniciar acciones correctivas sino también para valorar la urgencia, el objetivo y las tecnologías de remediación más adecuadas.

Metodológicamente, el análisis de riesgo no es más que una aplicación práctica de la relación dosis-efecto y se basa en la identificación y evaluación cuantitativa de los riesgos reales y potenciales que pueden padecer objetivos vulnerables: salud humana, ecosistema y otros bienes (generalmente recursos).

INTRODUCCION

LA NORMA ASTM

La norma ASTM E 1739-95, *Risk Based Corrective Action Applied at Petroleum Release Sites*, es un método de análisis de riesgos desarrollado por la *American Society for Testing and Materials* (ASTM) y publicado en 1995.

Aunque el método fue originalmente diseñado para casos de fugas de productos derivados del petróleo, el proceso de evaluación es aplicable prácticamente a todo tipo de contaminación. De hecho, la misma ASTM dispone de un borrador de norma técnica para el análisis de riesgos aplicado a cualquier tipo de contaminación (PS 104-98, *Standard Provisional Guide for Risk-Based Corrective Action*).

En la actualidad la norma E 1739-95 se ha convertido en una de las herramientas más aplicadas y aceptadas en el proceso de evaluación de un suelo contaminado y en la toma de decisiones en cuanto al programa de actuación.

Estrategia general de la norma ASTM

La norma ASTM tiene como objetivo principal integrar la evaluación de un suelo contaminado, la selección de las actuaciones correctivas y el control con una prácticas adecuadas de evaluación de la exposición y de los riesgos asociados a la contaminación.

Es decir, el proceso de toma de decisiones está orientado a minimizar los riesgos asociados a los impactos adversos a la salud del hombre y al ecosistema, y las actuaciones de recuperación tienen por objetivo el conseguir un grado aceptable de exposición y de reducción del riesgo.

Elementos que conforman el riesgo:

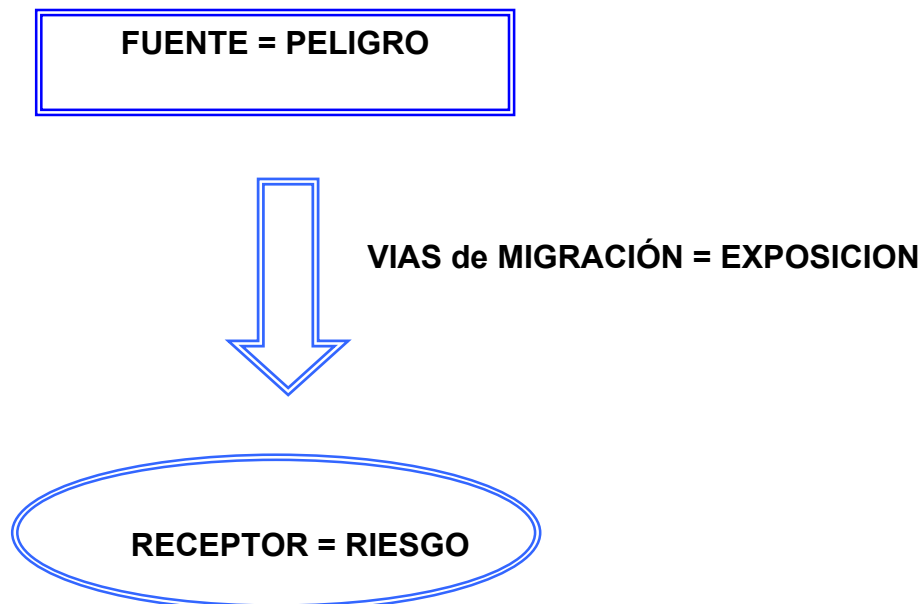
Dos son los elementos que componen el riesgo:

$$\text{PELIGRO X EXPOSICIÓN} = \text{RIESGO}$$

El PELIGRO se asimila a la toxicidad y la EXPOSICIÓN con el contacto, por tanto:

$$\text{TOXICIDAD X CONTACTO} = \text{POTENCIAL DAÑO}$$

Tomando como base estos elementos, el Modelo de Riesgo involucra tres aspectos:



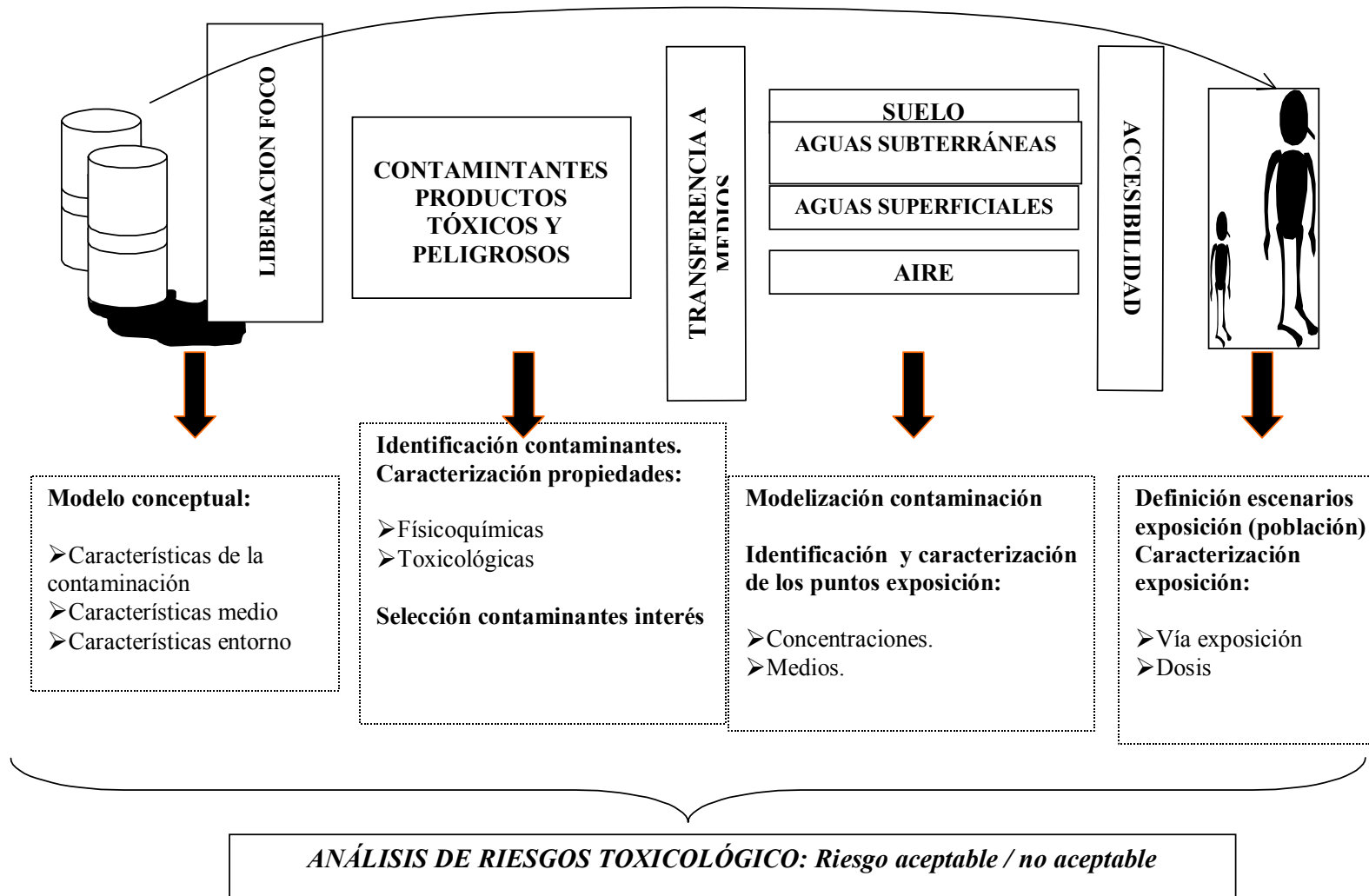
La valoración final del Análisis dependerá del conocimiento exhaustivo de cada uno de estos elementos y de la adecuada interpretación que de ellos se efectúe. Su resolución se lleva a cabo en diferentes etapas.

DESARROLLO

El proceso de evaluación desarrollado en la norma se basa en una aproximación progresiva por fases de evaluación cada vez más detalladas y sofisticadas, de forma que el conocimiento o información disponible en cada fase oriente y acote los objetivos y alcance de las fases siguientes de estudio.

En el gráfico que sigue se expresa de manera sintetizada el esquema metodológico para el desarrollo de Análisis de Riesgo

ESQUEMA METODOLOGICO DEL ANALISIS DE RIESGO



Evaluación inicial del emplazamiento y clasificación

En la mayoría de los emplazamientos suele existir información antecedente que, complementada con información derivada de Organismos Públicos y la propia inspección del lugar, permitirá realizar una primera identificación de las fuentes de contaminación y los impactos evidentes asociados, así como de los receptores potencialmente afectados y por tanto, una primera evaluación cualitativa de riesgos.

A partir de esta evaluación se podrá:

- clasificar el emplazamiento en función de la urgencia de actuación
- diseñar posibles actuaciones iniciales y
- desarrollar el modelo conceptual del problema o del caso.

La clasificación permite diferenciar situaciones de peligro inmediato, peligro a corto plazo (< 2 años), peligro a largo plazo (> 2 años) o la no evidencia de peligro.

En el caso de identificar peligros inmediatos, se deberán desarrollar actuaciones iniciales de emergencia (*Initial Response Action*) para minimizar o eliminar tales riesgos, mientras se realizan los estudios complementarios necesarios para valorar los riesgos restantes.

Desarrollo del MODELO CONCEPTUAL DEL SITIO

Con la información antecedente podrá construirse de manera preliminar, el MCS (Modelo Conceptual del Sitio).

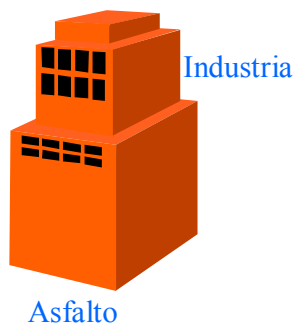
El Modelo Conceptual está destinado a resumir de manera clara y precisa, el origen del riesgo, sus derivaciones y formas de exponerse, identificando a los receptores más sensibles del lugar cuya protección es el objetivo de la metodología aplicada. El MCS no es otra cosa que el desarrollo detallado del Modelo de Riesgo indicado previamente:

Una fuente de contaminación, una vía completa de migración, que conecte la fuente con un receptor y finalmente un receptor sensible.

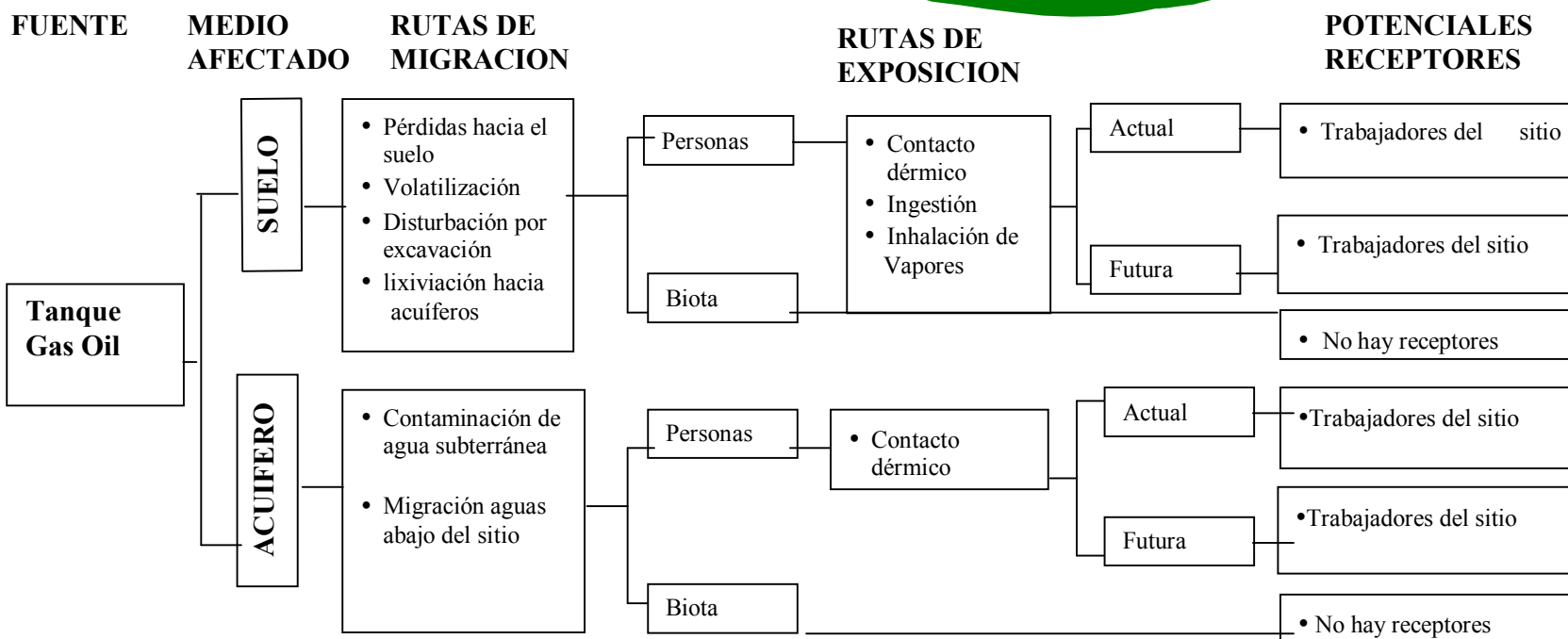
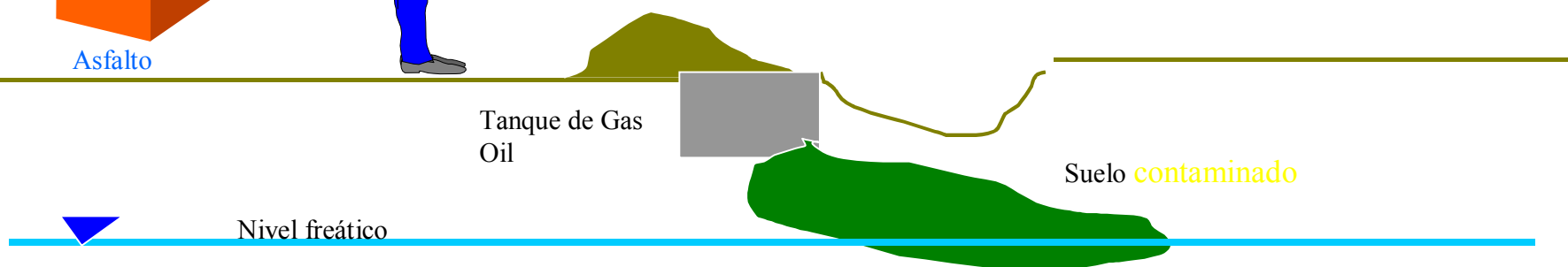
A pesar que la complejidad del análisis variará de un sitio a otro, estos tres elementos son comunes en todas las evaluaciones de riesgo y si alguno de ellos está ausente puede concluirse en que no habrá riesgo actual. Por tanto, la reducción o eliminación del riesgo puede lograrse minimizando o removiendo alguno de estos tres elementos:

- REDUCCION DE LA FUENTE: Atenuación – remediación
- REDUCCION DE LA RUTA: Atenuación - restricción de uso
- REDUCCION DEL RECEPTOR: Restricciones de uso

En la figura que sigue se ilustra un MCS limitado a una zona industrial.



MODELO CONCEPTUAL DEL SITIO LIMITADO A UN AREA INDUSTRIAL



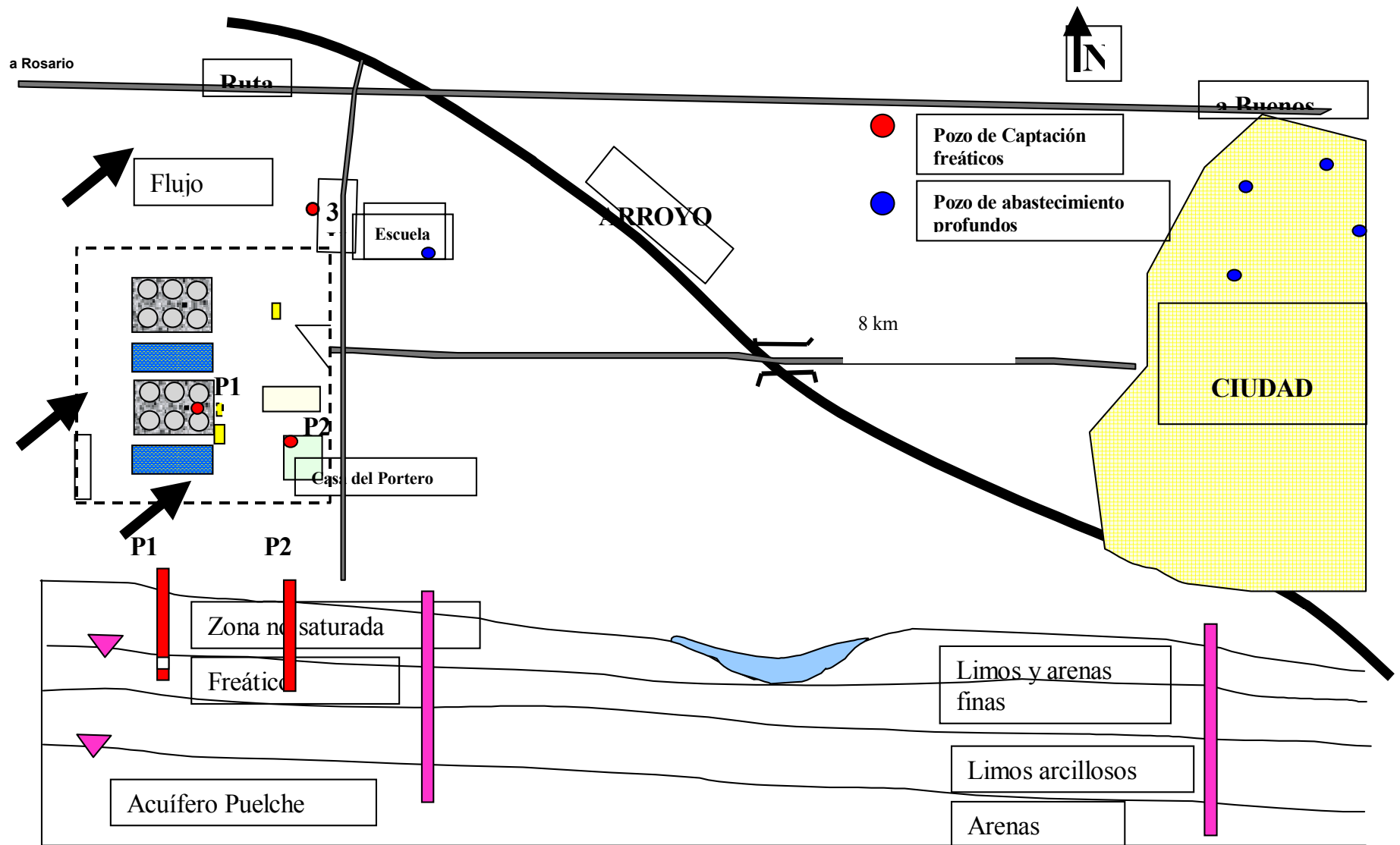
El gráfico que precede, se observa una fuente primaria de contaminación en el tanque de Gas Oil. Suelos afectados y agua subterránea con una Fase Libre No Acuosa, pasan a constituir las fuentes secundarias.

Las rutas de exposición incluyen el contacto con los suelos, potencial ingestión de partículas, inhalación de vapores y posible contacto dérmico a partir del agua contaminada.

Los únicos receptores en este escenario son los trabajadores afectados a tareas de excavación y construcciones subterráneas. La evaluación final del análisis, para este caso, dará como resultado un riesgo muy limitado.

Es conveniente acompañar el MCS con Mapas Conceptuales donde de manera gráfica y expeditiva, se expongan las características relevantes del medio y su entorno inmediato.

MAPA CONCEPTUAL DEL SITIO



El MCS cuando es interpretado adecuadamente, no solo facilitará el proceso de evaluación del riesgo sino que permitirá proyectar y diagramar con mayor precisión el plan de trabajo a seguir, particularmente cuando la información disponible no es suficiente y se requiere ampliar y/o detallar los datos existentes.

En conclusión, el desarrollo del MCS permitirá alcanzar las siguientes metas:!

- a) Identificación y caracterización de los peligros:
 - Tipo de contaminación, compuestos presentes.
 - Medios contaminados.
 - Concentraciones y distribución.
 - Evolución previsible.
- b) Características del medio y del entorno:
 - Determinación de las características que afectan la movilidad de la contaminación: climatología, edafología, geología, hidrología e hidrogeología.
 - Descripción de la vulnerabilidad del entorno, principalmente usos del suelo, tipo y características de la población, sobre todo los sectores más sensibles, usos del agua superficial y subterránea, etc. incluyendo la identificación si es el caso de otros objetivos de interés (pesca, cultivos, edificios, obras, estructuras enterradas, etc.)

Evaluación preliminar o nivel 1 (Tier 1)

La evaluación de riesgos a nivel 1 incluye la identificación sistemática de las fuentes de riesgo y las vías de transporte y exposición, utilizando esquemas simplificados de chequeo a partir del modelo conceptual. Asimismo, se confeccionan tablas de valores discriminativos orientativos denominados RBSLs (*Risk Based Screening Levels*) que funcionan como criterios de calidad genéricos, aunque aplicados exclusivamente para las vías de exposición identificadas.

Si las concentraciones detectadas superan los niveles genéricos RBSL se deberán iniciar actuaciones de recuperación o iniciar una fase más exhaustiva de investigación (nivel 2).

Las tareas a desarrollar en la evaluación a nivel 1 son las siguientes:

- a) Desarrollo del listado de RBSL
 - Si los RBSL ya están derivados en la norma, se deberá comprobar que las hipótesis y metodología utilizadas para obtener los valores sean compatibles y coherentes con las condiciones de exposición del emplazamiento en concreto.
 - Si los RBSL no están disponibles, se deberán derivar los RBSL para cada medio y contaminante. La obtención del valor de calidad se realiza mediante la evaluación de los escenarios potenciales de exposición para cada contaminante de interés. Es importante remarcar que los RBSL se determinan utilizando valores típicos medios o por omisión incluidos en la propia norma, siempre que sean coherentes con las características específicas del caso.

b) Comparación del listado con las concentraciones reales.

- En una primera evaluación se asume que los puntos de exposición y los puntos de cumplimiento están situados cerca del foco contaminante o en las áreas donde se han detectado las concentraciones más elevadas. Se evalúan también las exposiciones directas e indirectas como si el receptor se situara lo más cerca posible de la fuente de contaminación, independientemente de la localización actual o previsible en el futuro del receptor.
- En esta fase no se considera la aditividad de los riesgos, porque solamente se consideran los contaminantes más representativos.

Evaluación detallada o nivel 2

La evaluación a nivel 2 requiere un estudio en detalle de la contaminación (ubicación, distribución, evolución, etc.), así como de las características y parámetros del medio y el entorno, así como un análisis exhaustivo de los puntos y las vías de exposición.

En este segundo nivel de aproximación se establecen valores objetivo específicos del emplazamiento o SSTL (*Site Specific Target Levels*) que reflejan las concentraciones de los contaminantes por encima de los cuales existe un riesgo en las condiciones y características del caso concreto.

Así pues, la derivación de los SSTLs se realiza considerando los parámetros reales, observados o medidos en el emplazamiento.

En el nivel 2, sin embargo, se pueden combinar los datos disponibles con los resultados de modelizaciones predictivas sencillas para determinar los escenarios de exposición indirecta, tales como la inhalación de vapores o la ingestión de cultivos contaminados.

Evaluación exhaustiva o nivel 3

Cuando es preciso un nivel superior de evaluación, el nivel 3, se deberá realizar un estudio orientado a las variables específicas necesarias para afinar los SSTLs.

Este nivel de estudio supone un aumento significativo de los trabajos, incluyendo la recolección de datos específicos, evaluaciones estadísticas, uso de modelos de transporte, migración y exposición a contaminantes, etc.

Definición y caracterización de los medios de contacto y de las vías de exposición

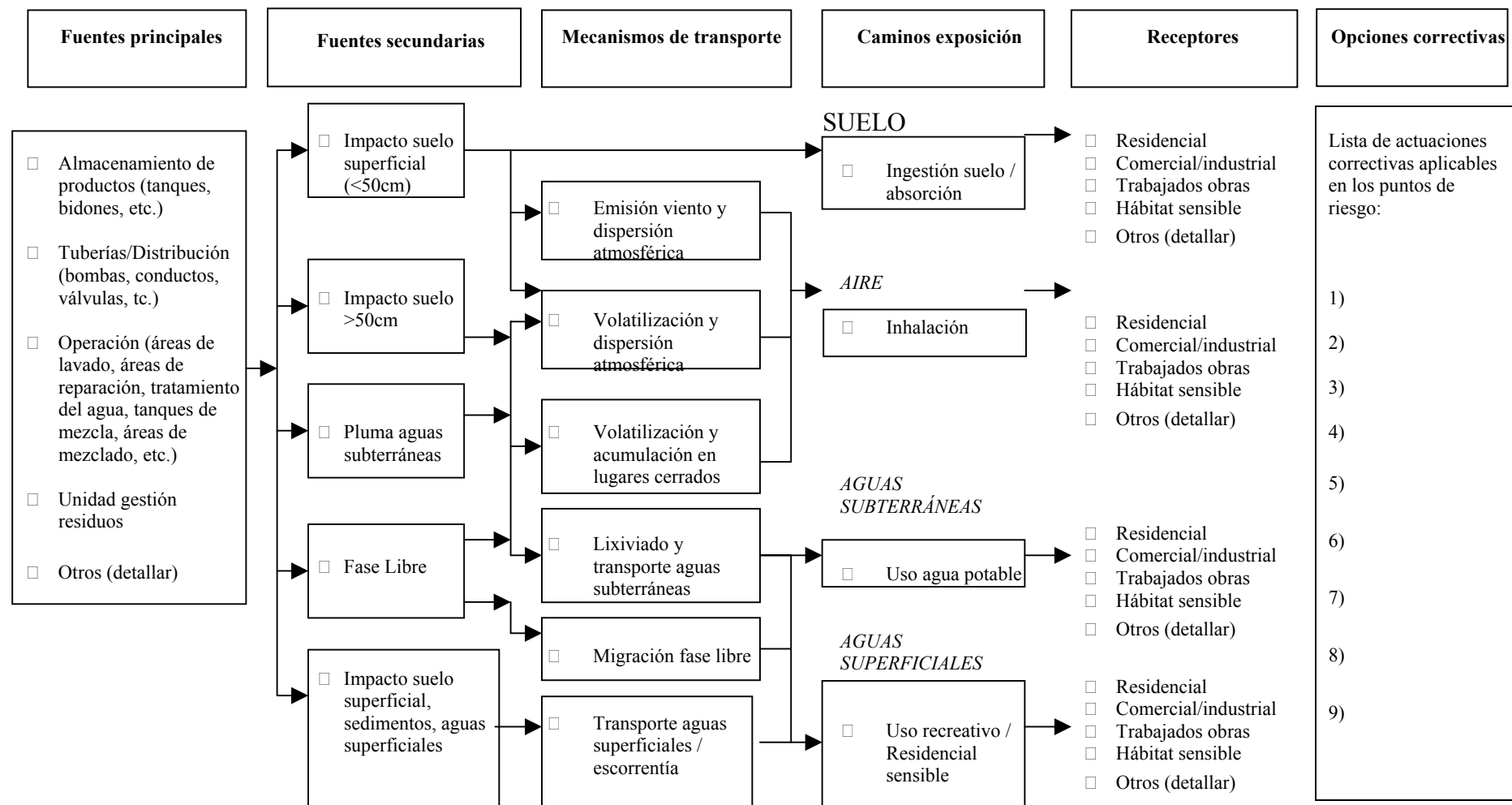
La norma ASTM considera las siguientes vías potenciales de exposición:

- Inhalación de vapores.
- Ingestión de agua contaminada (aguas subterráneas).
- Inhalación de vapores en el exterior a partir de la contaminación disuelta en las aguas subterráneas.

- Inhalación de vapores en el interior de un edificio a partir de la contaminación disuelta en las aguas subterráneas.
- Ingestión de suelo superficial, inhalación en el exterior de vapores y de partículas originados por el suelo superficial y la absorción dérmica por contacto de la piel con la contaminación superficial.
- Inhalación en el exterior de los vapores originados en la contaminación en el subsuelo
- Inhalación en el interior de un edificio de los vapores originados en la contaminación en el subsuelo.
- Ingestión de agua subterránea contaminada originada por la lixiviación de hidrocarburos solubles del subsuelo.

El gráfico adjunto ilustra el esquema de evaluación de los escenarios de exposición incluido en la norma y resume, entre otros, el proceso de identificación de caminos de exposición a la contaminación.

Evaluación de los escenarios de exposición del RCBA (ASTM E-1739-95)



Determinación de las concentraciones en los medios de contacto

En el análisis de la exposición se deberán caracterizar las concentraciones representativas en cada uno de los compartimentos ambientales (medios) que son accesibles para los receptores potenciales.

Mientras que en fases más avanzadas del análisis de riesgos se deberán utilizar, siempre que sea posible, concentraciones reales de exposición, en las primeras fases de valoración la norma permite derivar la concentración teórica del contaminante en los diferentes medios, denominados indirectos (aire interior, aire exterior, etc.) a partir de la contaminación conocida en otros medios (suelo, subsuelo y agua).

Para derivar las concentraciones que no han sido medidas directamente, la norma ASTM identifica diferentes factores tales como el factor de volatilización o el factor de lixiviación.

A continuación se resumen los factores o relaciones de concentración entre los diferentes medios.

Parámetros

a) Contaminantes

	Símbolo	
Constante de Henry	H	$\text{cm}^3\text{-agua} / \text{cm}^3\text{-aire}$
Solubilidad	S	mg/l
Coefficiente de absorción suelo-agua	K_s	cm^3/g
Coefficiente de difusión en aire	D^{air}	cm^2/s
Coefficiente de difusión en agua	D^{wat}	cm^2/s

b) Medio

	Símbolo	Udad
Densidad del suelo	ρ_s	g/cm^3
Fracción carbón orgánico del suelo	f_{oc}	g/g
Espesor zona no saturada	h_v	cm
Porosidad total en zona no saturada	θ_T	cm^3/cm^3
Contenido aire en zona no saturada	$\theta_{a,zns}$	cm^3/cm^3
Contenido agua en zona no saturada	$\theta_{w,zns}$	cm^3/cm^3
Espesor zona capilar	h_{cap}	cm
Contenido aire en zona capilar	$\theta_{a,\text{cap}}$	cm^3/cm^3
Contenido agua en zona capilar	$\theta_{w,\text{cap}}$	cm^3/cm^3
Profundidad de las aguas subterráneas ($L_{\text{GW}} = h_v + h_{\text{cap}}$)	L_{GW}	cm
Velocidad del viento en zona de mezcla	U_{air}	cm/s
Alto de la zona de mezcla (aire)	δ_{air}	cm
Velocidad emisión partículas	P_e	$\text{g}/\text{cm}^2.\text{s}$
Velocidad de infiltración de agua	I	$\text{cm}/\text{año}$
Velocidad de las aguas subterráneas (Darcy)	U_{gw}	$\text{cm}/\text{año}$
Alto de la zona de mezcla (agua)	δ_{gw}	cm
Tiempo medio flujo vapores	t	s

c) Estructuras

	Símbolo	Udad
Espesor pared o fundamento	L_{crack}	cm
Fracción grietas en pared o fundamento	η	$\text{cm}^2\text{-grietas} / \text{cm}^2\text{-pared}$
Contenido aire en grietas	$\theta_{a,\text{crack}}$	cm^3/cm^3
Contenido agua en grietas	$\theta_{w,\text{crack}}$	cm^3/cm^3
Ratio volumen interior / área infiltración	L_b	cm
Velocidad intercambio aire interior	ER	L/s

d) Contaminación

	Símbolo	Udad
Profundidad máxima suelo superficial contaminado	d	cm
Profundidad suelo contaminado	L_s	cm
Ancho del suelo contaminado paralela a la dirección del viento o agua	W	cm

Como ejemplo se expresa la ecuación para el cálculo del Coeficiente efectivo de difusión del suelo al aire

$$D_s^{\text{eff}} (\text{cm}^2/\text{s}) = D^{\text{air}} (\theta_{a,\text{zns}}^{3.33}/(\theta_T^2) + (D^{\text{wat}} / H) (\theta_{w,\text{zns}}^{3.33}/(\theta_T^2)$$

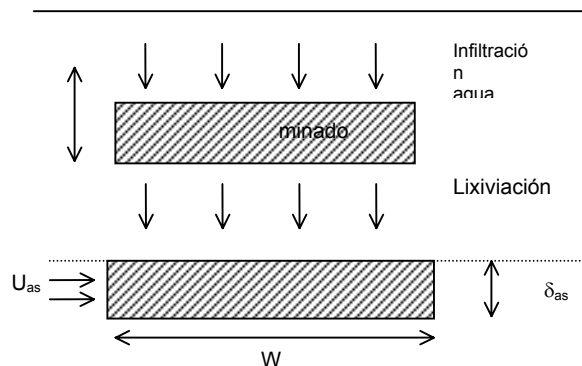
Para derivar las concentraciones que no han sido medidas directamente, la norma ASTM identifica diferentes factores tales como el factor de volatilización o el factor de lixiviación.

1- Aguas subterráneas	Aire exterior / vapores Aire interior / vapores	Factor de volatilización
2- Suelo superficial	Aire exterior / vapores Aire exterior / partículas	Factor de volatilización
3- Subsuelo	Aire exterior / vapores Aire interior / vapores Aguas subterráneas / lixiviado	Factor de volatilización Factor de lixiviación

A continuación se expone a manera de ejemplo el factor de lixiviación FL_{s-as} : suelo a aguas subterráneas el cual permite la estimación de la concentración disuelta en las aguas subterráneas que proviene de la lixiviación del suelo contaminado.

La derivación de la fórmula considera las siguientes hipótesis:

- Concentración de hidrocarburos en el suelo constante.
- Partición lineal de equilibrio en la matriz del suelo y vapor entre el contaminante absorbido, disuelto y vapor, donde la compartimentación es función de parámetros químicos y específicos del suelo constantes.
- Lixiviación estacionaria resultante de la infiltración constante de agua.
- Conservación del contaminante hasta las aguas subterráneas (no biodegradación).
- Dispersión estacionaria del lixiviado en la zona de mezcla de las aguas subterráneas.



La relación entre la concentración disuelta en las aguas subterráneas y la concentración del suelo es la siguiente:

$$\frac{C_{\text{agua}}}{C_{\text{suelo}}} \left[\frac{(\text{mg/l})}{(\text{mg/kg})} \right] = FL_{s-as} = \frac{\rho_s / (\theta_{w,zns} + k_s \rho_s + H\theta_{a,zns})}{(1 + U_{as} \delta_{as} / IW)}$$

Cálculo de la exposición (dosis): método y parámetros

La expresión general de cálculo de la dosis de exposición es la siguiente:

$$\text{Dosis}_v = (C_m \times TC_v / PC) \times (FE \times DE / TM)$$

Para su cálculo deberán calcularse las dosis de exposición para cada una de la vías de exposición y medios de contacto.

Parámetros

a) Receptores

	Udad	Abr.
Frecuencia de exposición	días/año	FE
Peso corporal	kg	PC
Duración de la exposición (canc. / no canc.)	años	DE
Tiempo promedio exposición (canc. / no canc.)	años	TM

b) Dosis de ingestión de suelo superficial

(DI, mg/kg.día)

	Udad	Abr.
Ingestión diaria de suelo	mg/día	IDS
Fracción absorbida	(adim)	fai

c) Dosis de contacto dérmico con el suelo superficial (DCD, mg/kg.día)

	Udad	Abr.
Contacto dérmico diario	cm ² /día	CDD
Factor de adhesión	mg/cm ²	Fad
Fracción absorbida (volátiles / HAP)	(adim)	fad

d) Dosis de inhalación de partículas de suelo (DIP, mg/kg.día)

	Udad	Abr.
Inhalación diaria (exterior)	m ³ /día	IDP
Fracción absorbida	(adim)	fap

e) Dosis de inhalación de vapores exterior / interior (DIV, mg/kg.día)

	Udad	Abr.
Inhalación diaria (exterior / interior)	m ³ /día	ID
Fracción absorbida	(adim)	fap

f) Dosis de ingestión de agua (DIA, mg/kg.día)

	Udad	Abr.
Ingestión diaria de agua	l/día	IDA
Fracción absorbida	(adim)	fai

g) Dosis de ingestión de vegetales y tubérculos (DIVT, mg/kg.día)

	Udad	Abr.
Ingestión diaria de vegetales	kg/día	IDV
Ingestión diaria de tubérculos	kg/día	IDT
Fracción consumo propio	(adim)	fcp
Fracción absorbida	(adim)	faiv

Caracterización del riesgo

La caracterización del riesgo es diferente para los dos grupos generales de compuestos:

- a) Para compuestos no cancerígenos se calcula el **Índice de Riesgo (IR)**, como el cociente entre la dosis total de exposición y la dosis total admisible.

$\text{Índice de Riesgo (IR)} = \frac{\text{Dosis Exposición (mg/kg.día)}}{\text{Dosis Referencia (mg/kg.día)}}$
--

Donde la dosis de exposición depende de los parámetros de exposición (velocidad de ingestión, duración de la exposición, etc.), la concentración en la fuente y las velocidades de transporte entre la fuente y el receptor.

Si el Índice de Riesgo calculado es claramente menor que la unidad, se puede concluir que el riesgo es aceptable, mientras que si es claramente mayor, el riesgo será inaceptable.

- b) Para compuestos cancerígenos el riesgo se caracteriza por el parámetro **Riesgo Cancerígeno (RC)**, que es el producto de la dosis de exposición (mg/kg.día) por el factor cancerígeno (kg.día/mg).

$$\text{Riesgo Cancerígeno (RC)} = \text{Dosis Exposición (mg/kg.día)} \times \text{Factor Cancerígeno (kg.día/mg)}$$

Donde la dosis de exposición depende de los parámetros de exposición (velocidad de ingestión, duración de la exposición, etc.), la concentración en la fuente y las velocidades de transporte entre la fuente y el receptor. En el caso de compuestos cancerígenos la dosis de exposición se evalúa como promedio a lo largo de una vida.

El rango de aceptabilidad del riesgo cancerígeno está entre 1×10^{-4} (un cáncer adicional a lo largo de una vida en una población de 10.000 personas) y 1×10^{-6} .

RESUMEN de ACTIVIDADES PARA EL DESARROLLO DE UN ANÁLISIS DE RIESGOS SEGÚN LA NORMA ASTM

1. Antecedentes. Recopilación y análisis de la actividad y del emplazamiento:

Actividades y procesos, áreas de almacenamiento, tuberías y transporte de los productos, vertidos / accidentes históricos, etc.

2. Identificación de los peligros: contaminantes de interés

- Caracterización de la contaminación. Evaluación general de la toxicidad, movilidad y persistencia.
- Identificación y caracterización de los **compuestos individuales**.
- Características físico-químicas: solubilidad, presión de vapor, constante de Henry, coeficiente de partición octanol-agua / coeficiente de partición suelo-agua, bioconcentración, persistencia y degradabilidad.
- Características toxicológicas: clasificación, dosis / concentraciones de referencia, factor cancerígeno, efectos (órganos afectados), etc
- Características ecotoxicológicas: efectos conocidos a especies, tests de toxicidad, criterios y estándares existentes.
- Selección de los compuestos de interés. Criterios: representatividad (concentraciones, distribución), movilidad y toxicidad.

3. Distribución de la contaminación:

Determinar la concentración de los contaminantes individuales de interés en los diferentes compartimentos ambientales de relevancia para los objetivos en riesgo y su evolución con el tiempo (naturaleza y extensión por contaminante y medio).

- Localización de las fuentes de contaminación y áreas contaminantes. Cubicación (área, profundidad, volumen) de la contaminación: suelo contaminado, fase libre, fase disuelta.
- Localización de las concentraciones máximas de los contaminantes de interés en los diferentes medios o compartimentos ambientales:
 - aire,
 - suelo,
 - gas del suelo,
 - aguas superficiales,
 - sedimentos,
 - aguas subterráneas.
- Si hay suficientes datos, cálculo del límite superior de confianza en las concentraciones para los contaminantes y medios de interés.
- Evolución previsible de la contaminación: migración y atenuación (adsorción, degradación, etc.). En un nivel posterior de análisis (nivel 2-3), se debe considerar la posibilidad de modelización de la contaminación, tanto de su migración por la zona no saturada como su transporte en fase disuelta por las aguas subterráneas.

3.1. Niveles de fondo.

Determinación de los niveles de fondo de los contaminantes de interés en los diferentes compartimentos ambientales (suelo, agua subterránea, agua superficial).

4. Evaluación del medio:

Determinar las características regionales climatológicas, hidrológicas, geológicas e hidrogeológicas.

- **Litología** y descripción de los materiales:
 - Densidad.
 - Porosidad total y porosidad efectiva.
 - Contenido en materia orgánica.
 - Humedad.
 - Permeabilidad del medio.
- **Hidrogeología** y descripción de los acuíferos:
 - Profundidad del nivel freático y oscilaciones previsibles.
 - Espesor capilar.

- Espesor saturado y transmisividad.
 - Conductividad hidráulica.
 - Piezometría y direcciones preferenciales de flujo.
 - Descripción de las formaciones confinantes.
- **Hidrología superficial:** descripción de los cauces superficiales e interrelaciones aguas subterráneas – aguas superficiales.
 - **Climatología:** temperaturas, pluviometría, infiltración (evapotranspiración).

En un nivel posterior de análisis (nivel 2), se debe concretar a las características concretas y específicas del emplazamiento y de cada área contaminada, incluyendo (nivel 2-3) la modelización espacial y temporal de la contaminación.

5. Evaluación del entorno

Evaluar los caminos de exposición potencial para receptores humanos y receptores ecológicos relevantes.

- Determinación, caracterización y evaluación del **uso actual y previsible** del emplazamiento y del entorno, incluyendo la identificación y evaluación de:
 - los usos del suelo, de los recursos hídricos subterráneos y superficiales, y
 - los hábitats y receptores ecológicos relevantes terrestres y acuáticos (vegetación, invertebrados, vertebrados, especies de especial interés).
- **Localización de receptores** (humanos y ecológicos) relevantes potencialmente expuestos. Descripción.
- Identificación y caracterización de los **caminos potenciales** principales de transporte y de exposición, tanto para el hombre como para objetivos ecológicos.
- Identificación y evaluación de los **puntos y vías de exposición**.

En un nivel posterior de análisis (nivel 2-3), se deben concretar los medios y las concentraciones de contacto en los puntos de exposición, tales como agua en pozos y en aguas superficiales, cultivos, aire en instalaciones o viviendas, tejidos biológicos en peces o animales, etc.)

5.1.Efectos constatables

Evaluar las evidencias de impacto o riesgo, entre otros:

- Mortalidad y morbilidad.
- Stress de la vegetación o cultivos.
- Degradación del hábitat
- Presencia o ausencia de especies clave. Evaluación.

- Índice de comunidad.
- Funcionamiento del ecosistema.

CONCLUSIONES

- El análisis de riesgos se conforma como una metodología de investigación y evaluación totalizadora de emplazamientos contaminados. Contempla todos los aspectos, particularidades y patrones de comportamiento del medio, de los contaminantes y de las actividades antrópicas para concluir en una valoración cuantitativa del peligro al que pueden estar expuestos los receptores sensibles.
- Es una herramienta de evaluación de la gravedad de la contaminación presente, determinando los efectos y peligros que puede suponer la contaminación, tanto en las condiciones actuales como en las condiciones previsibles en el futuro.
- Es una herramienta de decisión que permitirá determinar la necesidad de realizar actuaciones correctivas y valorar la urgencia de estas actuaciones, desde las actuaciones de emergencia hasta las actuaciones poco intensivas a largo plazo como la atenuación natural controlada (*Monitored Natural Attenuation*) o la no actuación (*No Action*).
- Es una herramienta de apoyo en la identificación y análisis de alternativas de recuperación. El análisis de riesgo se configura como un guión racional para identificar y optimizar las actuaciones necesarias para eliminar o minimizar los aspectos y problemas que integran el riesgo (*Risk Based Corrective Action*).
- Es una herramienta de valoración de los niveles objetivo de recuperación o concentraciones mínimas aceptables que se deberían cumplir para que el riesgo fuera aceptable. Así pues, es una herramienta de valoración de la finalización de una recuperación (análisis de riesgo residual).

BIBLIOGRAFÍA

- ASTM E-1739/95
- USEPA SUPERFOUND SOIL SCREENING GUIDANCE