

Guía Técnica para Orientar la
Elaboración de Estudios de
Evaluación de Riesgo Ambiental
de Sitios Contaminados

José Luis Luege Tamargo

Secretario de Medio Ambiente y Recursos Naturales

Adrián Vázquez Gálvez

Subsecretario de Gestión para la Protección Ambiental

José Ernesto Navarro Reynoso

Director General de Gestión Integral de Materiales y Actividades Riesgosas

Juan Manuel Aguilar Estévez

Director de Restauración de Sitios Contaminados

Winfried Schmidt

Asesor, Agencia de Cooperación Técnica Alemana (GTZ)
Componente Sitios Contaminados y Residuos Peligrosos

Título Guía Técnica para orientar la Elaboración de Estudios de Evaluación de Riesgo Ambiental de Sitios Contaminados

Autor Dr. Ing. Ulises Ruíz Saucedo

Participaron en la edición y diseño gráfico Dra. Cecilia Robles Mendoza
D. C. G. Alfredo Quiroz

Publicado Primera edición, Julio 2006

D. R. © SECRETARÍA DE MEDIO AMBIENTE Y RECURSOS NATURALES
Boulevard Adolfo Ruiz Cortines Núm. 4209, Col. Jardines en la Montaña,
Tlalpan, 14210, México, D.F.

Direcciones Subsecretaria de Gestión para la Protección Ambiental (SGPA)
Dirección General de Gestión Integral de Materiales y Actividades Riesgosas (DGGIMAR)
Proyecto Sitios Contaminados y Residuos Peligrosos
Av. Revolución No. 1425, Nivel 27
Col. Tlacopac San Angel, 01040 México, D.F.
Tel: 5624-3387

Web Esta publicación es disponible a través de la página de Internet de SEMARNAT y de la GTZ
<http://www.semarnat.gob.mx>
<http://www.gtz.de>

Contribuciones:

- Dra. Cecilia Robles Mendoza Departamento de Ecología y Recursos Naturales
Facultad de Ciencias, Laboratorio Ecofisiología
Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM)
- Dra. Cecilia Vanegas Pérez Departamento de Ecología y Recursos Naturales
Facultad de Ciencias, Laboratorio Ecofisiología
Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM)
- Dra. Silke Cram Instituto de Geografía, Laboratorio de Análisis Físicos y
Químicos del Ambiente (LAFQA)
Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM)
- Dr. Fernando Díaz-Barriga Facultad de Medicina
Dr. Arturo Torres Dosal Unidad de Toxicología Ambiental
Dr. Jesus Mejia Savedra Universidad Autónoma de San Luis Potosí
M. en C. Guillermo Espinosa R.
M. en C. Cesar A. Ilisaliturri H.
M. en C. Donagi Gonzales M.
- Dra. Susana Saval Instituto de Ingeniería
Bioprocesos Ambientales
Universidad Nacional Autónoma De México (UNAM)
- Dra. Rosa Maria Flores Instituto de Ingeniería
Ingeniería Ambiental
Universidad Nacional Autónoma De México (UNAM)
- Dra. Patricia Ramírez Romero Universidad Autónoma Metropolitana UAM - Iztapalapa
Asociación Mesoamericana y de Ecotoxicología y Química
Ambiental (AMEQA) (aun por definir)
- Dr. Javier Llamas Universidad Autónoma de Aguascalientes
- Dr. Miguel Betancourt Centro de Investigación en Alimentación y Desarrollo A.C.
Unidad Mazatlán
- Dr. Jaime San Román Director de Vigilancia y Verificación de Impacto Ambiental y
Peritajes, PROFEPA
- Dr. Mario Yarto Director de Investigación sobre
Sustancias Químicas y Riesgos Ecotoxicológicos
Instituto Nacional de Ecología (INE)
- M. C. Irina Ize Lema Subdirección de Investigaciones para Riesgos Ambientales
Sustancias Químicas y Riesgos Ecotoxicológicos
Instituto Nacional de Ecología (INE)
- M. C. Miguel Ángel Martínez Departamento de Evaluación de Riesgos Ambientales
Sustancias Químicas y Riesgos Ecotoxicológicos
Instituto Nacional de Ecología (INE)
- M. C. Martha Islas Ramírez Subdirectora de Investigación en Sitios Contaminados y
Sustancias Tóxicas. Centro Nacional de Investigación y
Capacitación Ambiental (CENICA).

Agradecimientos a:

Dra. Silke Cram, Dra. Rosa Maria Flores, M. C. Martha Ramírez, Dr. Arturo Torres, Dra. Cecilia Vanegas por sus contribuciones y su ayuda en la revisión del anexo 1 y por los anexos M y N, Dra. Susana Saval Bohórquez por sus contribuciones y correcciones en especial las tablas de datos del anexo G. Regina Vázquez Ponciano por la recopilación y lista de documentos consultados.

Dr. Fernando Díaz-Barriga, Dr. Arturo Torres Dosal y sus colaboradores de la UASLP por los documentos básicos de los anexos metodológicos 1 y 2, M. C. Irina Ize Lema, M. C. Miguel Ángel Martínez, , Dr. Mario Yarto por sus contribuciones y por los documentos base que conforman los anexos 1 “Método para la elaboración de Estudios de Riesgo Ambiental” y anexo 2 “Método para la elaboración de Estudios de Riesgo Ambiental, cuando poblaciones humanas puedan ser receptoras” y la organización del taller en 2005.

Ing. María de Lourdes Aduna Barba, Gerente de Desarrollo Sustentable de CANACERO, Ing. Mariela Morales Oyarzábal, Representante de CAMIMEX, Lic. Paloma Garcías Segura, Coordinadora Jurídica de Medio Ambiente de CAMIMEX, Ing. José de Jesús López García, Integrante de la Comisión de Medio Ambiente de la CAMIMEX, M. en I. Margarita Ferat Toscano, Gerente Corporativo Control Ambiental (DESC) de ANIQ e Ing. Javier Pérez Gómez, Gerente de Medio Ambiente de ANIQ.

Dra. Cecilia Robles Mendoza por la gran ayuda en la revisión, correcciones y en la redacción final de la guía y sus anexos.

Dr. Wini Schmidt de GTZ/GOPA por su ayuda y apoyo.

Lic. Oralia Resendiz, Ing. Juan Manuel Aguilar, Director de DRSC e Ing. José Ernesto Navarro Reynoso, Director General de DGGIMAR por su apoyo en la publicación de guía.

Los colegas de la Dirección de Restauración de Sitios Contaminados por su ayuda en la realización de este proyecto de la dirección.

Índice

| | |
|--|-----|
| Agradecimientos | |
| Contribuciones | |
| Prólogo | 11 |
| Introducción | 13 |
| Objeto de la guía | 15 |
| Lista de abreviaturas | 17 |
| 1 Instrucciones | 19 |
| 2 Datos generales | 19 |
| 3 Contenido de un Estudio de Evaluación de Riesgo Ambiental (recursos naturales y población humana) | 20 |
| Nivel 0, caso A | 20 |
| Nivel 0, caso B | 24 |
| 4 Contenido de un Estudio de Evaluación de Riesgo Ambiental (recursos naturales, áreas naturales protegidas, especies protegidas) | 30 |
| Nivel 1 | 30 |
| Nivel 2 | 35 |
| Nivel 3 | 40 |
| 5 Programa de Remediación del Suelo Contaminado | 45 |
| 6 Glosario | 48 |
| ANEXO 1 Método para la elaboración de estudios de evaluación de riesgo ambiental | 67 |
| ANEXO 2 Método para la elaboración de estudios de evaluación de riesgo ambiental, cuando los receptores son seres humanos | 109 |
| ANEXO A Contenido del estudio de caracterización de un sitio contaminado | 135 |
| ANEXO B Ejemplo de la estrategia general seguida en un estudio de evaluación de riesgo ambiental | 145 |
| ANEXO C Diagrama de flujo de las etapas de la evaluación de riesgos ambientales | 149 |
| ANEXO D Matriz de decisión para determinar el nivel de estudio de evaluación de riesgo ambiental a desarrollar | 157 |
| ANEXO E Métodos de prueba para la evaluación de la lixiviación de contaminantes de suelos | 163 |
| ANEXO F Evaluación de la movilidad de los contaminantes en el suelo | 192 |
| ANEXO G Tabla de las propiedades físico-químicas de compuestos de preocupación potencial | 224 |
| ANEXO H Tablas de datos para el cálculo de la exposición | 241 |
| ANEXO I Método para estimar los valores de evaluación de medios ambientales | 254 |
| ANEXO J Modelo conceptual de sitios contaminados | 256 |
| ANEXO K Método de cálculo para determinar los niveles de remediación | 262 |
| ANEXO L Programa de remediación | 272 |
| ANEXO M Biomarcadores | 274 |
| ANEXO N Índices bióticos | 280 |
| Índice de documentos y referencias | 290 |
| Lista de asistentes al taller de evaluación de riesgo ambiental, 2005 | 314 |

Prólogo



José Luis Luege Tamargo
Secretario de Medio Ambiente y Recursos Naturales
México D. F. Agosto 2006

La evolución del ser humano y la diversificación de sus actividades en el campo industrial han traído consigo severas consecuencias para el medio ambiente, por lo que su mejoramiento y la preservación de los recursos naturales a través de la recuperación de las zonas afectadas por la mano del hombre es una de las prioridades de nuestra administración. En el amplio espectro étnico, social, político y económico no hay espacio para la duda; por lo que es innegable la necesidad de una normatividad en consonancia con la dinámica social prevaleciente.

Hablar de normatividad ambiental no constituye solamente la construcción de un engranaje que imponga obligaciones a sociedad, implica en el fondo un profundo deseo de su desarrollo y conservación de su medio ambiente y entorno natural.

En este sentido, importantes organizaciones educativas, científicas, sociales y gubernamentales comprometidas con el bienestar de nuestro entorno, en el espacio de casi dos años dedicaron su esfuerzo en conjunción con la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales a la revisión continua del documento que hoy presento, hasta alcanzar un consenso sin precedentes, y definir la **“guía técnica para orientar la elaboración de estudios de evaluación de riesgo ambiental de sitios contaminados”**.

La Ley General de Prevención y Gestión Integral de Residuos (LGPGIR) define la evaluación de Riesgo Ambiental como “El proceso metodológico para determinar la probabilidad o posibilidad de que se produzcan efectos adversos, como consecuencia de la exposición de los seres vivos a las sustancias contenidas en los residuos peligrosos o agentes infecciosos que los forman”

Mediante la evaluación de riesgos ambientales se obtiene la información necesaria para tomar una decisión respecto a la estrategia a seguir en la remediación de un sitio contaminado.

Los estudios de riesgo ambiental son utilizados para definir si la contaminación existente en un sitio representa un riesgo tanto para el medio ambiente como para la salud. Así mismo nos permite definir los niveles de remediación específicos del sitio en función del riesgo aceptable.

De ahí que el objetivo principal que se establece en esta guía es dar una orientación para encaminar la evaluación de sitios, homogeneizando el contenido de los estudios y disminuyendo los tiempos de gestión. La evaluación de sitios contaminados en la guía, comprende un método general para el análisis “caso por caso”, cada uno de los cuales con fundamento, evidencia y soporte específicos.

Sin embargo el fin último lo constituye el compromiso ineludible con el presente y futuro de la nación, de la conservación de nuestro medio ambiente, ya que de ello depende la factibilidad que como sociedad tengamos en el futuro.

Introducción

La Ley General para la Prevención y Gestión Integral de Residuos (LGPGIR) ha proporcionado el marco de referencia para la aplicación de la evaluación de riesgos ambientales como un instrumento para determinar las acciones de remediación para sitios contaminados. La Ley define la evaluación de riesgo ambiental como un...“Proceso metodológico para determinar la probabilidad o posibilidad de que se produzcan efectos adversos, como consecuencia de la exposición de los seres vivos a las sustancias contenidas en los residuos peligrosos o agentes infecciosos que los forman”.

En sitios contaminados la evaluación de riesgos se centra en la estimación de los efectos adversos y en la obtención de la información de base necesaria que permitan tomar una decisión respecto a la remediación del sitio. En este proceso se recopila y sistematiza la información generada en la caracterización y el estudio histórico de un sitio contaminado, con el fin de entender las relaciones y causalidades entre la presencia de los contaminantes, las distintas rutas y vías de exposición y los efectos adversos observados en el medio ambiente o los efectos potenciales que pudieran presentarse.

En un sitio contaminado pueden estar involucrados varios contaminantes cada uno con diferentes propiedades fisicoquímicas que aunadas a las condiciones físicas del sitio, hacen que los contaminantes se comporten e incidan de distinta manera en el medio ambiente. Por este motivo, la evaluación del riesgo ambiental involucra metodológicamente distintos tipos de información y hace necesaria la participación de profesionistas provenientes de distintas áreas como son los geólogos, químicos, biólogos, toxicólogos e ingenieros, para poder entender y predecir la relación entre el contaminante, las rutas de exposición y los efectos observados o potenciales.

Esta herramienta es muy útil en la gestión, porque ayuda a entender como en un sitio contaminado, se origina un riesgo al medio ambiente y la salud humana, su magnitud y sus mecanismos de afectación. Así mismo, el estudio de evaluación de riesgo ambiental permite la “toma de decisiones”, en los casos donde por la complejidad y la extensión de la contaminación así como por los elevados costos de remediación, se torna difícil elegir la estrategia más adecuada, que garantice la reducción de la contaminación, la reducción de la exposición a niveles aceptables y la remediación a costos aceptables para la sociedad.

Por ello la presente guía técnica se enfoca en la determinación de los riesgos provocados por la contaminación en sitios donde están involucrados materiales peligrosos, residuos peligrosos o ambos para el medio ambiente y la salud. Para alcanzar este objetivo, se incluyen anexos que apoyan en la evaluación del riesgo de sitios contaminados para los recursos naturales, como lo son el suelo, cuerpos de agua y ecosistemas valiosos. Además de ello se incluyen anexos para orientar en la determinación del riesgo para seres humanos en sitios contaminados como parte de una evaluación integral.

Para un país como México, el cual tiene una amplia variedad de regiones geográficas, paisajes, especies y ecosistemas, es importante contar con un método para determinar los efectos adversos de la contaminación y sus consecuencias al medio ambiente. En especial son de protegerse los ecosistemas y las especies que la legislación mexicana ampara, ya que revertir el deterioro de dichos ecosistemas y regiones y la protección del medio ambiente es una de las principales tareas de SEMARNAT.

Por todo ello, la presente guía técnica representa:

- un paso más en el camino hacia la mejora de la gestión de la remediación de los sitios contaminados en México.
- representa un cambio de perspectiva en cuanto a la generación del conocimiento provechoso para las instituciones públicas, ya que servirá de base para generar la experiencia técnica suficiente, que más adelante podrá ser plasmada en otros instrumentos normativos.
- un cambio en la generación de procedimientos de gestión ajustados a la situación de cada sitio contaminado
- un reenfoque en el proceso de la toma de decisiones para la remediación de un sitio.

Para los actores involucrados como las universidades, las empresas privadas, las instituciones públicas y los prestadores de servicios, esta guía representa una oportunidad de mejora, mediante un método que da claridad y que permite elevar la eficiencia de la gestión.

En ciertos casos generara una sinergia para el inicio de nuevos proyectos de investigación en nuestro país, como se discutió durante los talleres realizados en el 2004 y el 2005 con investigadores de universidades, colegas y consultores.

Esta guía es un instrumento que permitirá obtener valiosas experiencias para mejorar la gestión y normatividad en el campo de la remediación de sitios contaminados, haciéndolas mas sólidas y con una vida útil más larga.

En su calidad de instrumento de gestión es susceptible de ser reestructurada y mejorada, conforme las instituciones públicas y los actores sociales involucrados estén en la situación de proponer los ajusten necesarios para facilitar su aplicación; asumiendo el compromiso de evaluar y revisar las propuestas y reeditarla con base en los resultados obtenidos en casos ejemplares.

México D. F., Julio 2006

Objeto de la guía

El objeto de esta guía técnica es proporcionar una herramienta práctica y viable para facilitar y orientar la elaboración de los estudios de evaluación de riesgo ambiental de sitios contaminados.

También se proporcionan las **directrices y elementos técnicos básicos** para mejorar el nivel de calidad de los estudios a realizar y uniformizar el contenido de información de dichos estudios basándose en lo establecido en el Título V, Capítulo V de la Ley General de Prevención y Gestión de Residuos (LGPGIR) y las Normas Oficiales Mexicanas vigentes. Se proveen criterios de evaluación del riesgo ambiental en sitios contaminados y procedimientos para la remediación de pasivos ambientales.

La evaluación de riesgo ambiental se entiende como un proceso “caso por caso” que deberá ser fundamentado y contar con la evidencia de soporte necesaria. Esta guía no pretende abarcar todos los aspectos de la evaluación de riesgo, por ello, las referencias incluidas en los anexos técnicos (datos y procedimientos) de esta guía son directrices y recomendaciones de la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT), pudiéndose utilizar métodos que estén reconocidos por los gobiernos nacionales de su país de origen y los datos que existan en la bibliografía internacional.

Esta guía técnica se probó cuando menos en dos casos de estudio representativos, con el fin de verificar la funcionalidad de su aplicación y realizar las adecuaciones necesarias para su mejora.

Objeto de los estudios de riesgo ambiental

Los estudios de riesgo ambiental tienen como objetivo definir si la contaminación existente en un sitio representa un riesgo tanto para el medio ambiente como para la salud humana, así como los niveles de remediación específicos del sitio en función del riesgo aceptable.

Recomendaciones de aplicación de los estudios de riesgo ambiental

Se recomienda la aplicación de esta guía cuando exista contaminación de un sitio por materiales peligrosos, residuos peligrosos o ambos y se desee elaborar un Estudio de Evaluación de Riesgo Ambiental de sitios contaminados, el cual permitirá:

1. Establecer acciones de remediación con base en los Niveles de Remediación Específicos del sitio y distintos a los establecidos en las Normas Oficiales Mexicanas, o
2. Establecer las acciones para disminuir los riesgos y la exposición a los contaminantes que, conforme a la Ley, son parte de la definición de remediación, o
3. Establecer acciones de remediación en el caso de emergencias ambientales que, conforme a lo indicado por la legislación vigente, tengan efectos a largo plazo.

Consideraciones generales para la utilización de la guía:

1. Para la elección de un nivel de estudio según el tipo de área y el tipo de receptor se aplica la matriz de decisión contenida en el anexo D.
2. Para la determinación de los contaminantes críticos se aplicarán las Concentraciones de Referencia o Límites Máximos Permisibles de las Normas Oficiales Mexicanas, en el caso de que existan dichas normas para los contaminantes.
3. En el caso de que falte información nacional oficial, se podrán aplicar los valores de las Dosis de Referencia (DdR), Factores de Pendiente de Cáncer (FPC) y otros parámetros toxicológicos de los perfiles toxicológicos de instituciones internacionales. La elección será fundamentada.
4. En caso de que el contaminante no este normado y no se desee hacer uso de la guía, el responsable de la contaminación podrá solicitar una reunión a la SEMARNAT para atender su caso y establecer las acciones a seguir.

Resultados que se podrán obtener cuando se aplique la guía

1. Determinación del riesgo ambiental y en su caso a la salud para un sitio contaminado por materiales peligrosos y residuos peligrosos.
2. El riesgo puede determinarse como aceptable o no aceptable en función de la evidencia soportada por el proceso de evaluación de riesgo ambiental.
3. Niveles de Remediación Específicos para la elaboración del programa de remediación.
4. Recomendaciones para disminuir los riesgos y la exposición a los contaminantes.

Lista de Abreviaturas

| | |
|--------------------|--|
| ASTDR | Agency for Toxic Substances and Disease Registry |
| DW | Coeficiente de difusión en agua [cm^2/seg] |
| Di | Coeficiente de difusión en aire [cm^2/seg] |
| K _{OC} | Coeficiente de distribución de carbón orgánico en suelos [cm^3/g] o [L/Kg] |
| Kd | Coeficiente de distribución suelo – agua [cm^3/g] |
| CEB | Concentración con una probabilidad de efecto tóxico bajo |
| C _A | Concentración de contaminante en aire o fase gaseosa [mg/L] |
| C _S | Concentración de contaminante en suelo [mg/Kg] |
| CE | Concentración de exposición [mg/Kg] o [mg/L] |
| C _W | Concentración de la sustancia contaminante disuelta en agua [mg/L] |
| Ca | Concentración del contaminante en alimento [mg/Kg] o [mg/L] |
| CMENO | Concentración mas alta de efecto no observado |
| H | Constante de la ley de Henry [$\text{Pa m}^3/\text{moles}$] |
| R | Constante general de gases [$\text{J}/(\text{mol}\cdot\text{K})$] |
| f _{OC} | Contenido de carbón orgánico en suelo [%] |
| ρ _B | Densidad aparente del suelo seco [g/cm^3] |
| ρ _S | Densidad del suelo por partícula [g/cm^3] |
| DA | Difusividad aparente [cm^2/seg] |
| DE | Dosis de Exposición [$\text{mg}/\text{Kg}\cdot\text{d}$] |
| DdR | Dosis de Referencia |
| DMENO | Dosis más alta de efecto no observado |
| DuE | Duración de la exposición [años] |
| ERA | Evaluación de Riesgo Ambiental |
| FAP | Factor de adherencia a la piel (mg/cm^2) |
| FBA | Factor de bioacumulación [-] |
| FBC | Factor de bioconcentración [-] |
| FBD _{DER} | Factor de biodisponibilidad o tasa de absorción en piel del contaminante [%] |
| FBD _{ING} | Factor de biodisponibilidad o tasa de absorción gastrointestinal [%] |
| FBD _{INH} | Factor de biodisponibilidad o tasa de absorción por inhalación [%] |
| FEP | Factor de emisión de partículas (Particle Emission Factor) |
| FCE | Factor de exposición [-] |
| FPC | Factor de pendiente de cáncer (Cancer Slope Factor) |
| FV | Factor de volatilización [m^3/Kg] |
| FVC | Factor volumétrico de conversión = 1×10^{-6} |
| FrE | Frecuencia de exposición [d/año] |
| IP _i | Índice de peligro individual de la sustancia i |
| IP _{C-i} | Índice de peligro individual para efectos crónicos |
| IP _{SC-i} | Índice de peligro individual para efectos subcrónicos |
| IP | Índice de peligro no cancerígeno |
| IP _{C-T} | Índice de peligro total para efectos crónicos |
| IP _{SC-T} | Índice de peligro total para efectos subcrónicos |
| IR | Índice de riesgo cancerígeno |
| IRE | Índice de riesgo ecológico |
| IR _i | Índice de riesgo individual de la sustancia i |
| IR _T | Índice de riesgo total |
| ING | Ingerido |
| IE | Intervalo de exposición [s] |
| 1/C | Inverso de la concentración promedio |
| LG-ERA- | Lineamientos generales para realizar estudios de evaluación de riesgos a la salud |
| COFEPRIS | humana por exposición ambiental a contaminantes |

| | |
|--------------------|---|
| NOAEL | Nivel de efecto adverso no observado (Non Observed Adverse Effect Level) |
| NRE _{DER} | Nivel de Remediación Especifico del sitio por contacto dérmico [mg/Kg] |
| NRE _{ING} | Nivel de Remediación Especifico del sitio por ingestión [mg/Kg] |
| NRE _{INH} | Nivel de Remediación Especifico del sitio por inhalación [mg/Kg] |
| LOAEL | Nivel más bajo de efecto adverso observado (Lowed Observed Adverse Effect Level) |
| PC | Peso corporal [Kg] |
| PM | Peso molecular |
| PPE | Porcentaje de área de la piel expuesta [%] |
| nW | Porosidad del suelo rellena de agua [V agua/ V suelo] |
| nA | Porosidad del suelo rellena de aire nA = n-nW [V aire/ V suelo] |
| N | Porosidad total del suelo n = 1-(ρB/ρS) [V poros/V suelo] |
| P ₀ | Presión de vapor el punto de saturación [Pa] |
| PTE _M | Promedio del tiempo de exposición [d] |
| RC | Riesgo cancerígeno |
| R _C | Riesgo crónico |
| R _{SC} | Riesgo subcrónico |
| S | Solubilidad en agua [mol/L] |
| SP | Superficie de la piel del grupo poblacional [cm ² /evento] |
| SPD _{DER} | Superficie de la piel expuesta (cm ² /evento) = SP*PPE |
| TI | Tasa de ingestión [mg/d] |
| TI _{ING} | Tasa de ingestión de suelos [mg/d] |
| TI _{INH} | Tasa de inhalación de vapores o gases [m ³ /h] |
| T | Temperatura [K] |
| TMa | Tiempo de vida media en agua [d] |
| TMs | Tiempo de vida media en suelo [d] |
| TSA | Total de suelo adherido [mg] |
| USEPA | United States-Environmental Protection Agency |
| VRT | Valor de referencia de toxicidad |
| VEMA | Valores de evaluación de medios ambientales |

1 Instrucciones

- El Estudio de Evaluación de Riesgo Ambiental debe contener un título adecuado el cual indique claramente el sitio de estudio, un índice que refleje el orden como fue realizado el estudio y un resumen ejecutivo.
- El Estudio de Riesgo Ambiental se evalúa con mayor facilidad cuando la información esta contenida en archivos electrónicos estándares como por ejemplo textos en formato Word, tablas en formato Excel, imágenes y fotografías en formato JPG, planos en formato Autocad o compatible a un sistema de información geográfico. Cuando se trata del documento completo para impresión se recomienda el formato PDF.
- Para agilizar y acotar la elección de un nivel de estudio (en especial aquellas donde en el escenario ambiental, se vean afectadas Áreas Naturales Protegidas, ecosistemas valiosos, especies con valor económico y especies protegidas) se recomienda solicitar una reunión previa al inicio de la ejecución del estudio para establecer acuerdos sobre los alcances, la amplitud, los métodos e indicadores del estudio de riesgo ambiental. Esto es válido especialmente en el caso de que especies protegidas o recursos naturales y ecosistemas frágiles y valiosos en Áreas Naturales Protegidas estén en riesgo.
- Para consultas acerca de la elaboración de un Estudio de Riesgo Ambiental puede dirigirse a Dirección General de Gestión Integral de Materiales y Actividades Riesgosas (DGGIMAR), Av. Revolución 1425, Col. Tlacopac, C.P. 01040, Del. Álvaro Obregón, México, Distrito Federal.

2 Datos generales

El Estudio de Riesgo Ambiental contendrá:

- El nombre del responsable técnico.
- El nombre del que elabora el Estudio de Riesgo Ambiental, en su caso.
- Las referencias acerca de su experiencia en la materia, en su caso.
- El nombre de la institución de educación superior o empresa a la que pertenece, en su caso.
- Nivel de estudio que se realizara, según el tipo de área, tipo de receptor e información disponible conforme a la matriz de decisión del anexo D.

Para todos los niveles de estudio se incluye sin excepción lo siguiente:

- Listado de documentos y referencias utilizadas durante la evaluación de riesgo ambiental que incluya título, autor, año de publicación, institución que publica, dirección de Internet en caso de documentos accesibles y otras informaciones pertinentes.
- En la evaluación de un Estudio de Riesgo Ambiental la información con respecto a la extensión de la contaminación en cuerpos de agua (en el caso de que un cuerpo de agua se vea afectado) es imprescindible para evaluar la caracterización del riesgo y la propuesta de remediación contenida en el programa de remediación, por ello se debe incluir la determinación de la extensión de la contaminación en el cuerpo de agua, los resultados de análisis químicos y de pruebas de campo realizadas para los cuerpos de agua afectados.

3 Contenido de un Estudio de Evaluación de Riesgo Ambiental

Nivel 0, caso A

Cuando los receptores son:

- Solo los recursos naturales no biológicos (suelo y agua)

El tipo de área pueda ser:

- Urbana industrial y/o comercial.
- Áreas no urbanas con actividad agropecuaria (agrícola/ganadera/piscícola, etc.)
- Área Natural Protegida (en cualquiera modalidad).

Es de aplicarse el anexo metodológico 1.

3A.1 Definición y formulación del problema basado en la evaluación de la información contenida en el estudio de caracterización, y las investigaciones históricas correspondientes.

La definición y formulación del problema se realiza para todos los niveles de estudio.

3A.1.1 Los resultados del estudio de caracterización y de las investigaciones históricas (anexo A).

3A.1.2 Descripción del sitio.

3A.1.3 Resultados de las visitas efectuadas al sitio (entre otros fotografías).

3A.1.4 Un diagrama de flujo de los pasos a seguir durante la Evaluación de Riesgo Ambiental en concordancia con el diagrama del anexo C y (atendiendo la estrategia del anexo B) con las acotaciones y cambios específicos del caso.

3A.1.5 Plano geo-referenciado en coordenadas UTM del predio y sus colindancias inmediatas que contenga lo siguiente: límites del predio, vías de comunicación e infraestructuras colindantes, áreas contaminadas por encima de los límites máximos permisibles (LMP) o concentraciones de referencia (CR), áreas de almacenamiento o disposición de residuos sólidos municipales, residuos de manejo especial, residuos y materiales peligrosos (en su caso), áreas con apilamientos o enterramientos (en su caso), áreas con concentraciones de contaminantes por debajo de los LMP o CR, instalaciones e edificaciones en el predio.

3A.1.6 Plano geo-referenciado en coordenadas UTM a nivel regional de una institución oficial como Servicio Geológico Mexicano (SGM), Instituto Nacional de Geografía e Informática (INEGI) u otra que incluya: las características geográficas "vulnerables" como son cuerpos de agua superficiales por ejemplo ríos, lagos, canales; entre otros, infraestructura e instalaciones relevantes para el caso de estudio, poblaciones o asentamientos mas cercanos, vías de ferrocarril, caminos de acceso y de servicios.

3A.1.7 Con la información de este numeral se elegirá el nivel de estudio de evaluación de riesgo ambiental de acuerdo con el tipo de área y el tipo de receptor de acuerdo a la matriz de decisión del anexo D.

3A.2 La determinación de los contaminantes o componentes críticos para los ecosistemas y

recursos naturales a proteger y con los cuales se efectuará la evaluación de riesgo.

La determinación de los contaminantes críticos se realiza para todos los niveles de estudio

3A.2.1 Procedimiento de elección conforme al método del anexo 1 o 2.

3A.2.2 Fundamento de la elección.

3A.2.3 Listado de contaminantes o componentes críticos elegidos.

3A.3 La determinación de los factores específicos al sitio que influyen en la exposición y dispersión de los contaminantes.

La determinación de los factores específicos al sitio que influyen en la exposición y dispersión de los contaminantes se realiza para todos los niveles de estudio.

3A.3.1 La determinación de los mecanismos de transporte y exposición de los contaminantes.

3A.3.2 La determinación de las propiedades físico-químicas que influyen en su transporte y exposición de los contaminantes

3A.3.3 La determinación de los factores específicos del sitio que influyen en el transporte y exposición de los contaminantes.

3A.3.4 La determinación de las características de polvos que contienen contaminantes que se generan en el sitio.

3A.3.5 La determinación de la fracción soluble o lixiviados de los contaminantes de suelos.

3A.3.6 Para la determinación de solubles o lixiviados se pueden aplicar las pruebas de laboratorio establecidas en las Normas Oficiales Mexicanas. En caso de que el contaminante no este normado se aplicara, según el tipo de contaminante, un método que sea adecuado a las condiciones del pasivo ambiental. Las recomendaciones de aplicación y los métodos de prueba y evaluación de la fracción de lixiviados de suelos se halla en el anexo E.

3A.4 La determinación fundamentada de la movilidad de los contaminantes en el suelo y de las funciones de protección y retención del mismo. Esta evaluación se realiza para todos los niveles de estudio siguiendo las recomendaciones del anexo F o un método equivalente.

Las propiedades físico-químicas de los contaminantes mas comunes se encuentran en el anexo G, el cual contiene además las ligas a las fuentes. Son de considerarse en especial las rutas de exposición "suelo – agua" y "suelo – polvos – suelos" para la evaluación de la vulnerabilidad de los recursos naturales (suelo y agua) a dichos contaminantes y para la evaluación de la movilidad de los contaminantes.

En caso de ser necesaria una determinación detallada de la movilidad de los contaminantes en el suelo se determinara el o los modelos matemáticos y el software a usarse para simular el transporte y dispersión de los contaminantes en el suelo a través de las distintas rutas de exposición. En el estudio se incluyen los resultados de los cálculos y simulaciones realizados para los escenarios de transporte y dispersión de los contaminantes generados por dicho software.

3A.5 La determinación de las rutas y vías de exposición presentes y futuras, completas e

incompletas, se identificaran y describiran los siguientes rubros.

- 3A.5.1 La identificación de las rutas y vías de exposición presentes (incompletas y completas).
- 3A.5.2 La identificación de las rutas y vías de exposición futuras (incompletas y completas).
- 3A.5.3 La descripción detallada de las rutas y vías de exposición completas y su fundamento.
- 3A.5.4 La descripción detallada de las rutas y vías de exposición no completas y su fundamento.
- 3A.5.5 El diagrama de rutas y vías de exposición por contaminante crítico.

La ruta de exposición incluye el punto de exposición.

- 3A.6 La determinación de los componentes del ecosistema, que pudieran ser afectados por la contaminación, por ejemplo en el caso de recursos naturales principalmente agua y suelo, y la comprobación de que seres humanos o especies no han sido afectados.

En caso de ser necesario si existen faltantes de información, el plan de caracterización del sitio (adicional) específico para el estudio de riesgo ambiental incluyendo el plan de muestreo y los resultados analíticos.

- 3A.7 La determinación de la toxicidad de los contaminantes a los componentes del ecosistema (principalmente recursos naturales no biológicos) y la evaluación de los efectos.

Identificación de la información toxicológica relevante de los contaminantes críticos elegidos, lo cual incluya la descripción de los efectos adversos cancerígenos y no cancerígenos (agudos, crónicos y subcrónicos).

- 3A.8 La evaluación de los efectos considerándola como la estimación del riesgo ambiental total para todos los recursos naturales (agua y suelo) afectados con base en los contaminantes críticos elegidos, las rutas y vías de exposición determinadas, la evaluación de la movilidad de los contaminantes.

- 3A.9 Elaboración de la hipótesis de exposición total del medio ambiente a los contaminantes críticos a través de un "Modelo Conceptual" en donde se muestre.

- 3A.9.1 Las rutas y vías de exposición.
- 3A.9.2 Los medios físicos afectados y las matrices en donde los contaminantes son móviles y no móviles.
- 3A.9.3 Los riesgos provenientes de contaminantes para el medio ambiente.
- 3A.9.4 Descripción de los posibles efectos o consecuencias adversos al medio ambiente a los riesgos evaluados que se desprenden de la presencia de los contaminantes
- 3A.9.5 La representación gráfica de la información señalada en las fracciones anteriores.
- 3A.9.6 Una descripción de modelo conceptual se halla en el Anexo J.

- 3A.10 La descripción de las suposiciones hechas a lo largo de los cálculos efectuados y de

las limitaciones e incertidumbres de los datos en los cuales se basa la evaluación del riesgo, y la caracterización total del riesgo, entendiendo esta como la conclusión de la evaluación de toda la información anterior.

3A.10.1 Determinación de las suposiciones e incertidumbres de los cálculos efectuados.

3A.10.2 Determinación de las suposiciones e incertidumbres de los datos empleados en los cálculos efectuados en los cuales se basa la evaluación del riesgo ambiental.

3A.10.3 La determinación y la interpretación de las incertidumbres asociadas a la caracterización del riesgo puede requerir la aplicación de métodos estadísticos y probabilísticos, que muestren los márgenes, distribuciones o intervalos de incertidumbre.

3A.11 Conforme a los resultados de la guía podrán establecerse una o varias de las alternativas siguientes:

3A.11.1 La propuesta de remediación conforme a los Niveles de Remediación Específicos (NRE) del sitio, su fundamento con base en el estudio. En la determinación de los NRE se aplican los métodos y cálculos que se encuentran en el Anexo K.

3A.11.2 El conjunto de medidas que permitan disminuir el riesgo y la exposición y su fundamento con base en el estudio.

3A.11.3 Las medidas de monitoreo y su fundamento con base en el estudio.

Para cualquiera de las alternativas consideradas anteriormente realizar un análisis de su aplicación (consecuencias de su aplicación) y su interacción con el medio ambiente. El contenido del programa de remediación se halla en el anexo L.

Nivel 0, Caso B

Cuando los receptores son:

- Los recursos naturales no biológicos (suelo y agua) y además seres humanos

El tipo de área pueda ser:

- Urbana industrial y/o comercial.
- Áreas no urbanas con actividad agropecuaria (agrícola/ganadera/piscícola, etc.)
- Área Natural Protegida (en cualquiera modalidad).

Son de aplicarse los anexos metodológicos 1 y 2 según corresponda.

3B.1 Definición y formulación del problema basado en la evaluación de la información contenida en el estudio de caracterización, y las investigaciones históricas correspondientes.

3B.1.1 Los resultados del estudio de caracterización y de las investigaciones históricas (anexo A).

3B.1.2 Descripción del sitio.

3B.1.3 Resultados de las visitas efectuadas al sitio (entre otros fotografías).

3B.1.4 Un diagrama de flujo de los pasos a seguir durante la Evaluación de Riesgo Ambiental en concordancia con el diagrama del anexo C y (atendiendo la estrategia del anexo B) con las acotaciones y cambios específicos del caso.

3B.1.5 Plano geo-referenciado en coordenadas UTM del predio y sus colindancias inmediatas que contenga lo siguiente: límites del predio, vías de comunicación e infraestructuras colindantes, áreas contaminadas por encima de los Límites Máximos Permisibles (LMP) o Concentraciones de Referencia (CR), áreas de almacenamiento o disposición de residuos sólidos municipales, residuos de manejo especial, residuos y materiales peligrosos (en su caso), áreas con apilamientos o enterramientos (en su caso), áreas con concentraciones de contaminantes por debajo de los LMP o CR, instalaciones e edificaciones en el predio.

3B.1.6 Plano geo-referenciado en coordenadas UTM a nivel regional de una institución oficial como Servicio Geológico Mexicano (SGM), Instituto Nacional de Geografía e Informática (INEGI) u otra que incluya: las características geográficas "vulnerables" como son cuerpos de agua superficiales por ejemplo ríos, lagos, canales; entre otros, infraestructura e instalaciones relevantes para el caso de estudio, poblaciones o asentamientos mas cercanos, vías de ferrocarril, caminos de acceso y de servicios.

3B.1.7 Con la información de este numeral se elige el nivel de estudio de evaluación de riesgo ambiental de acuerdo con el tipo de área y el tipo de receptor de acuerdo a la matriz de decisión del anexo D.

3B.2 La determinación de los contaminantes o componentes críticos para los ecosistemas, recursos naturales o los seres humanos a proteger y con los cuales se efectuará la evaluación de riesgo.

La determinación de los contaminantes críticos se realiza para todos los niveles de estudio.

- 3B.2.1 Procedimiento de elección conforme al método del anexo 1 o 2.
 - 3B.2.2 Fundamento de la elección.
 - 3B.2.3 Listado de contaminantes o componentes críticos elegidos.
- 3B.3 La determinación de los factores específicos al sitio que influyen en la exposición y dispersión de los contaminantes.
- 3B.3.1 La determinación de los mecanismos de transporte y exposición de los contaminantes.
 - 3B.3.2 La determinación de las propiedades físico-químicas que influyen en su transporte y exposición de los contaminantes
 - 3B.3.3 La determinación de los factores específicos del sitio que influyen en el transporte y exposición de los contaminantes.
 - 3B.3.4 La determinación de las características de polvos que contienen contaminantes que se generan en el sitio.
 - 3B.3.5 La determinación de la fracción soluble o lixiviados de los contaminantes de suelos.
 - 3B.3.6 Para la determinación de solubles o lixiviados se pueden aplicar las pruebas de laboratorio establecidas en las Normas Oficiales Mexicanas. En caso de que el contaminante no este normado se aplicara, según el tipo de contaminante, un método recomendados por la Secretaría, que sea adecuado a las condiciones del pasivo ambiental. Las recomendaciones de aplicación y los métodos de prueba y evaluación de la fracción de lixiviados de suelos se hallan en el Anexo E.
- 3B.4 La determinación fundamentada de la movilidad de los contaminantes en el suelo y de las funciones de protección y retención del mismo. Esta evaluación se realizara siguiendo las recomendaciones del anexo F o un método equivalente.
- Las propiedades físico-químicas de los contaminantes mas comunes se encuentran en el anexo G, el cual contiene además las ligas a las fuentes. Son de considerarse en especial las rutas de exposición “suelo – agua” y “suelo – polvos – suelos” para la evaluación de la vulnerabilidad de los recursos naturales (suelo y agua) a dichos contaminantes y para la evaluación de la movilidad de los contaminantes. Para seres humanos deben de ser evaluadas todas las rutas de exposición antes de descartarlas.
- 3B.5 En caso de ser necesaria una determinación detallada de la movilidad de los contaminantes en el suelo se determinan el o los modelos matemáticos y el software a usarse para simular el transporte y dispersión de los contaminantes en el suelo a través de las distintas rutas de exposición. En el estudio se incluyen los resultados de los cálculos y simulaciones realizados para los escenarios de transporte y dispersión de los contaminantes generados por dicho software.
- 3B.6 La determinación de los puntos de exposición.
- 3B.6.1 La determinación de los puntos de exposición en el escenario de exposición actual.
 - 3B.6.2 La determinación de los puntos de exposición en el escenario de exposición futura.

3B.7 La determinación de las rutas y vías de exposición presentes y futuras, completas e incompletas, identificar y describir los siguientes rubros.

3B.7.1 Identificación de las rutas y vías de exposición presentes (incompletas y completas).

3B.7.2 Identificación de las rutas y vías de exposición futuras (incompletas y completas).

3B.7.3 La descripción detallada de las rutas y vías de exposición completas y su fundamento.

3B.7.4 La descripción detallada de las rutas y vías de exposición no completas y su fundamento.

3B.7.5 Diagrama de rutas y vías de exposición por contaminante crítico.

3B.8 La categorización de las rutas y vías de exposición para las cuales se evaluará el riesgo.

3B.9 La determinación de los componentes del ecosistema que pudieran ser afectados por la contaminación, por ejemplo recursos naturales no biológicos en el sitio como son agua y suelo.

En caso de ser necesario si existen faltantes de información, el plan de caracterización del sitio (adicional) específico para el estudio de riesgo ambiental incluyendo el plan de muestreo y los resultados analíticos.

3B.10 La determinación de los distintos grupos poblacionales (humanos) receptores y del grupo poblacional más vulnerable.

3B.10.1 La identificación de todos los grupos poblacionales (humanos) residentes en el sitio.

3B.10.2 La identificación del grupo poblacional receptor (humano) más vulnerable (presente y futuro).

3B.10.2 Identificación de los factores de comportamiento de la población receptora (humana) que influyen en la exposición en el sitio.

3B.11 La determinación de los valores de las DdR para componentes críticos no cancerígenos y de los factores de las pendientes de cáncer para componentes críticos cancerígenos.

3B.11.1 La determinación se hace para los grupos poblacionales (humanos) receptores en el sitio.

3B.11.2 La identificación de la información toxicológica relevante (para seres humanos) de los contaminantes críticos elegidos incluye la descripción de los efectos cancerígenos y no cancerígenos (agudos, crónicos y subcrónicos).

3B.11.3 La determinación de las DdR para contaminantes con efectos no cancerígenos (crónicos y subcrónicos).

3B.11.4 La determinación del Factor de Pendiente de Cáncer (FPC) para contaminantes con efectos cancerígenos.

- 3B.11.5 En el caso de que los contaminantes críticos elegidos no cuenten (en los perfiles toxicológicos aceptados y reconocidos internacionalmente) con Dosis de Referencia (DdR) o Factor de Pendiente de Cáncer (FPC) reconocidas podrán ser determinados ex profeso para dichas sustancias los Valores de Evaluación de Medios Ambientales (VEMA) o las Dosis de Referencia Específicas (DdRE) con base en los datos toxicológicos disponibles de manera fundamentada.
- 3B.11.6 Para la determinaciones a que se refieren las fracciones 3B.11.3 a 3B.11.5 podrán utilizarse los perfiles toxicológicos aceptados internacionalmente. Ligas a los bancos de datos internacionales se encuentran en los anexos metodológicos 1 y 2. El método de cálculo para determinar de los VEMA, se halla en el anexo I.
- 3B.12 El cálculo de la exposición total para los grupos poblacionales presentes más vulnerables para las distintas rutas y vías de exposición.
- 3B.12.1 La determinación de las Dosis de Exposición (DE) individuales y totales se realiza por ruta y vía de exposición, para todos los contaminantes críticos elegidos, en función de los grupos receptores identificados, en especial para aquel considerado como más vulnerable. Los métodos de cálculo para determinar las DE se hallan en el anexo K, Los valores de los parámetros utilizados en el cálculo de las DE se encuentran en el anexo G.
- 3B.13 La determinación del riesgo ambiental total para todos los contaminantes críticos elegidos, todas las rutas y vías de exposición determinadas tanto para el riesgo no cancerígeno para efectos subcrónicos y/o crónicos y para el riesgo cancerígeno.
- 3B.13.1 La determinación del riesgo puede efectuarse a través de los Índices de Peligro Individuales (IP_i) para efectos no cancerígenos crónicos y subcrónicos y de los Índices de Riesgo individuales (IR_i) para efectos cancerígenos para cada contaminante crítico, por ruta y vía de exposición. La determinación se realiza para todas las rutas de exposición involucradas (suelos, polvos, aire, gases o vapores, agua, alimentos) en las que se halle presentes los contaminantes y para todas las vías de exposición (ingestión de suelos, ingestión de alimentos, ingestión de agua, inhalación de polvos, inhalación de gases o vapores, contacto dérmico de suelos y aguas) y de ser necesario por tipo de efecto.
- 3B.13.2 La determinación Índice de Peligro Total para efectos subcrónicos (IP_{SC-T}) como suma de los Índices de Peligro Individuales para efectos crónicos (IP_{SC-i}) para cada contaminante crítico.
- 3B.13.3 La determinación Índice de Peligro Total para efectos crónicos (IP_{C-T}) como la suma de los Índices de Peligro Individuales para efectos crónicos (IP_{C-i}) para cada contaminante crítico.
- 3B.13.4 La determinación de los Índices de Riesgo para efectos Cancerígenos Individuales (IR_{Ci}) para cada contaminante crítico, por ruta y vía de exposición.
- 3B.13.5 La determinación de los Índices de Riesgo para efectos Cancerígenos Totales (IR_{CT}) para cada contaminante crítico.
- 3B.13.6 La determinación del riesgo ambiental para efectos cancerígenos y no cancerígenos también se podrá realizar por algún otro método que sea adecuado, de manera fundamentada.

- 3B.13.7 El método de cálculo a seguir para determinar los IP_i , IP_T , IR_i e IR_T se hallan en los anexos 1 y 2 (numerales 4.1 y 4.2).
- 3B.14 Elaboración de la hipótesis de Exposición Total del medio ambiente y la(s) población(s) receptora(s) a los contaminantes críticos a través de un “Modelo Conceptual” en donde se muestre.
- 3B.14.1 Las rutas y vías de exposición.
- 3B.14.2 Los medios físicos afectados y las matrices en donde los contaminantes son móviles.
- 3B.14.3 Los riesgos provenientes de contaminantes para el medio ambiente.
- 3B.14.4 La representación gráfica de la información señalada en las fracciones anteriores.
- 3B.14.5 Descripción de las posibles consecuencias o efectos adversos al medio ambiente y las poblaciones expuestas a los riesgos evaluados que se desprenden de la presencia de los contaminantes.
- 3B.14.6 Una descripción de modelo conceptual se halla en el anexo J.
- 3B.15 La descripción de las suposiciones hechas a lo largo de los cálculos efectuados y de las limitaciones e incertidumbres de los datos en los cuales se basa la evaluación del riesgo, y la caracterización total del riesgo, entendiendo esta como la conclusión de la evaluación de toda la información anterior.
- 3B.15.1 Determinación de las suposiciones e incertidumbres de los cálculos efectuados.
- 3B.15.2 Determinación de las suposiciones e incertidumbres de los datos empleados en los cálculos efectuados en los cuales se basa la evaluación del riesgo ambiental.
- 3B.15.3 La evaluación de los posibles errores y riesgos que de los cálculos y datos se desprendan.
- 3B.15.4 La determinación de las incertidumbres asociadas a la caracterización del riesgo puede requerir la aplicación de métodos estadísticos y probabilísticas, que muestren los márgenes, distribuciones o intervalos de incertidumbre.
- 3B.16 La determinación de los niveles de remediación específicos del sitio con base en:
- 3B.16.1 La caracterización del riesgo cancerígeno y no cancerígeno.
- 3B.16.2 Los Índices de Peligro menor o igual a uno ($IP_T \leq 1$)
- 3B.16.3 Los Índices de Riesgo ($IR_T \leq 10^{-6}$) considerando las rutas y vías de exposición.
- 3B.16.4 Cuando se ha determinado un riesgo entre 10^{-6} y 10^{-4} se aplica un método probabilística para determinar con mayor detalle las condiciones específicas de riesgo del sitio.
- 3B.16.4 Los grupos poblacionales humanos en especial el mas vulnerable.
- 3B.16.5 El tipo de contaminante y el tamaño de la población expuesta.
- 3B.17 Conforme a los resultados de la guía podrán establecerse una o varias de las alternativas siguientes:

3B.12.1 La propuesta de remediación conforme a los Niveles de Remediación Específicos (NRE) del sitio, su fundamento con base en el estudio. En la determinación de los NRE se aplican los métodos y cálculos que se encuentran en el anexo K.

3B.12.2 El conjunto de medidas que permitan disminuir el riesgo y la exposición y su fundamento con base en el estudio.

3B.12.3 Las medidas de monitoreo y su fundamento con base al estudio.

Para cualquiera de las alternativas consideradas anteriormente realizar un análisis de su aplicación (consecuencias de su aplicación) y su interacción con el medio ambiente. El contenido del programa de remediación se halla en el anexo L.

3B.18 Cuando el receptor de la contaminación la población humana se debe seguir el método del anexo 2 y considerar lo siguiente:

Los numerales 3B.2, 3B.6, 3B.7, 3B.8, 3B.10, 3B.11, 3B.12, 3B.13 y 3B.15 se enfocan a la población humana.

4 Contenido de un Estudio de Evaluación de Riesgo Ambiental

Nivel 1

Cuando se trata de:

- Áreas Naturales Protegidas o
- Áreas no urbanas con actividad agropecuaria (agrícola/ganadera/piscícola, etc.)

Donde los posibles receptores de la contaminación puedan ser:

- Especies de uso o valor económico.
- Especies protegidas.
- Ecosistemas valiosos.

Y No existe la información toxicológica necesaria para realizar la evaluación de riesgo ambiental.

- 4.1 La definición del problema basada en la evaluación de la información contenida en los estudios de caracterización y las investigaciones históricas correspondientes.
 - 4.1.1 Los resultados del estudio de caracterización y de las investigaciones históricas (anexo A).
 - 4.1.2 Descripción del sitio incluyendo la descripción general de los recursos naturales en el sitio.
 - 4.1.3 Resultados de las visitas efectuadas al sitio (entre otros fotografías).
 - 4.1.4 Un diagrama de flujo de los pasos a seguir durante la Evaluación de Riesgo Ambiental en concordancia con el diagrama del anexo C y (atendiendo la estrategia del anexo B) con las acotaciones y cambios específicos del caso.
 - 4.1.5 Plano geo-referenciado en coordenadas UTM del predio y sus colindancias inmediatas que contenga lo siguiente: límites del predio, vías de comunicación e infraestructuras colindantes, áreas contaminadas por encima de los Límites Máximos Permisibles (LMP) o Concentraciones de Referencia (CR), áreas de almacenamiento o disposición de residuos sólidos municipales, residuos de manejo especial, residuos y materiales peligrosos (en su caso), áreas con apilamientos o enterramientos (en su caso), áreas con concentraciones de contaminantes por debajo de los LMP o CR, instalaciones e edificaciones en el predio.
 - 4.1.6 Plano geo-referenciado en coordenadas UTM a nivel regional de una institución oficial como Servicio Geológico Mexicano (SGM), Instituto Nacional de Geografía e Informática (INEGI) u otra que incluya: las características geográficas “vulnerables” como son cuerpos de agua superficiales por ejemplo ríos, lagos, canales; entre otros, infraestructura e instalaciones relevantes para el caso de estudio, poblaciones o asentamientos mas cercanos, vías de ferrocarril, caminos de acceso y de servicios.
 - 4.1.7 Con la información de este numeral se elige el nivel de estudio de evaluación de riesgo ambiental de acuerdo con el tipo de área y el tipo de receptor de acuerdo a la matriz de decisión del anexo D.

- 4.2 La determinación de los contaminantes o componentes críticos para los ecosistemas y los recursos naturales a proteger y con los cuales se efectuará la evaluación de riesgo.
 - 4.2.1 Procedimiento de elección conforme al método del anexo 1 o 2.
 - 4.2.2 Fundamento de la elección.
 - 4.2.3 Listado de contaminantes o componentes críticos elegidos.

- 4.3 La determinación de los factores específicos al sitio que influyen en la exposición y dispersión de los contaminantes.
 - 4.3.1 La determinación de los mecanismos de transporte y exposición de los contaminantes.
 - 4.3.2 Información geográfica relevante para el transporte y destino de los contaminantes.
 - 4.3.3 La determinación de las propiedades físico-químicas que influyen en su transporte y exposición de los contaminantes.
 - 4.3.4 La determinación de los factores específicos del sitio que influyen en el transporte y exposición de los contaminantes.
 - 4.3.5 La determinación de las características de polvos que contienen contaminantes que se generan en el sitio.
 - 4.3.6 La determinación de la fracción soluble o lixiviados de los contaminantes de suelos.
 - 4.3.7 Para la determinación de solubles o lixiviados se pueden aplicar las pruebas de laboratorio establecidas en las Normas Oficiales Mexicanas. En caso de que el contaminante no este normado se aplicara, según el tipo de contaminante, un método recomendados por la Secretaría, que sea adecuado a las condiciones del pasivo ambiental. Las recomendaciones de aplicación y los métodos de prueba y evaluación de la fracción de lixiviados de suelos se hallan en el anexo E.

- 4.4 La determinación fundamentada de la movilidad de los contaminantes en el suelo y de las funciones de protección y retención del mismo. Esta evaluación se realizara siguiendo las recomendaciones del anexo F o un método equivalente.

Las propiedades físico-químicas de los contaminantes mas comunes se encuentran en el anexo G, el cual contiene además las ligas a las fuentes. Son de considerarse en especial las rutas de exposición “suelo – agua” y “suelo – polvos – suelos” para la evaluación de la vulnerabilidad de los recursos naturales (suelo y agua) a dichos contaminantes y para la evaluación de la movilidad de los contaminantes. Para seres humanos deben de ser evaluadas todas las rutas de exposición antes de descartarlas.

- 4.5 La determinación de los puntos de exposición.
 - 4.5.1 La determinación de los puntos de exposición en el escenario de exposición actual.
 - 4.5.2 La determinación de los puntos de exposición en el escenario de exposición futura: durante la aplicación de acciones de remediación y después de la aplicación de acciones de remediación.

4.6 La determinación de las rutas y vías de exposición presentes y futuras, completas e incompletas.

- 4.6.1 La identificación de las rutas y vías de exposición presentes (incompletas y completas).
- 4.6.2 La identificación de las rutas y vías de exposición futuras (incompletas y completas).
- 4.6.3 La descripción detallada de las rutas y vías de exposición completas y su fundamento.
- 4.6.4 La descripción detallada de las rutas y vías de exposición no completas y su fundamento.
- 4.6.5 El diagrama de rutas y vías de exposición por contaminante crítico.

4.7 La determinación de los componentes del ecosistema, incluyendo organismos blanco de interés especial o de organismos productivos residentes en el sitio.

En caso de ser necesario si existen faltantes de información, el plan de caracterización del sitio (adicional) específico para el estudio de riesgo ambiental incluyendo el plan de muestreo y los resultados analíticos.

En la selección de las especies críticas (organismos blanco de interés) se siguen las reglas básicas señaladas en el anexo 1, numeral 2.4.

- 4.7.1 Organismos o especies con uso/valor económico, en su caso.
- 4.7.2 Organismos o especies críticas protegidas, en su caso.
- 4.7.3 Recursos naturales vulnerables, en todos los casos.
- 4.7.4 Identificación de las poblaciones de los organismos o especies señalados en las fracciones 4.8.1 y 4.8.2, que pudieran estar expuestos y en riesgo.
- 4.7.5 Esta determinación incluye la determinación de la(s) característica(s) o aspectos específicos de los organismos o recursos naturales a estudiar o medir siguiendo las reglas específicas del anexo 1.

4.8 La determinación de la toxicidad y la exposición de los contaminantes a los componentes del ecosistema, incluyendo los organismos blanco de interés especial (especies protegidas) o de organismos productivos residentes en el sitio (especies con valor económico) y, la evaluación de los efectos.

- 4.8.1 En el caso de que no exista información toxicológica para las especies o los contaminantes se podrá determinar los Valores de Referencia de Toxicidad (VRT) pertenecientes a otros contaminantes o especies similares (surrogados), como se describe en el anexo 1.
- 4.8.2 Con los VRT (de los surrogados) se aplican ecuaciones alométricas o algún otro método, que se presentan en la literatura internacional, para especies de fauna y flora del sitio para estimar las condiciones de exposición de los organismos evaluados
- 4.8.3 Determinación de la exposición individual y total de los organismos o especies elegidas a los contaminantes.
- 4.8.4 La justificación de cómo se seleccionaron los diferentes valores empleados.
- 4.8.5 La justificación de la selección de la especie de comparación.
- 4.8.6 Las fuentes de información bibliográfica empleadas.

- 4.8.7 Para la determinaciones a que se refieren las fracciones 4.9.1, 4.9.2 y 4.9.3 se podrá utilizar los perfiles toxicológicos aceptados internacionalmente. Ligas a los bancos de datos internacionales se encuentran en el anexo 1.
 - 4.8.8 Determinar los Cocientes de Peligrosidad (IP) de los contaminantes surrogados con respecto a las especies elegidas. Las ecuaciones para los distintos tipos de organismos se hallan en el anexo 1, numeral 3.2. Si se aplica un Nivel 1. Además de lo anterior el estudio se enfoca a determinar la afectación a los recursos naturales y su vulnerabilidad, esto con el fin de determinar las acciones de remediación necesarias para reducir la exposición a los contaminantes, la vulnerabilidad de los recursos naturales o para eliminar los contaminantes del sitio.
- 4.9 Caracterización del riesgo total, su interpretación y la determinación de las incertidumbres en la caracterización del riesgo.
- 4.10 Elaboración de la hipótesis de Exposición Total del medio ambiente y la(s) población(s) receptora(s) a los contaminantes críticos a través de un “Modelo Conceptual” en donde se muestre.
- 4.10.1 Las rutas y vías de exposición.
 - 4.10.2 Los medios físicos afectados y las matrices en donde los contaminantes son móviles.
 - 4.10.3 Los riesgos provenientes de contaminantes para el medio ambiente.
 - 4.10.4 La representación gráfica de la información señalada en las fracciones anteriores.
 - 4.10.5 Descripción de las posibles consecuencias o efectos adversos al medio ambiente y las poblaciones expuestas a los riesgos evaluados que se desprenden de la presencia de los contaminantes.
 - 4.10.6 Una descripción de modelo conceptual se halla en el Anexo J.
- 4.11 Conforme a los resultados de la aplicación de la guía podrán establecerse una o varias de las alternativas siguientes:
- 4.11.1 La propuesta de remediación conforme a los Niveles de Remediación Específicos del sitio, su fundamento con base en el estudio.
 - 4.11.2 El conjunto de medidas que permitan disminuir el riesgo y la exposición y su fundamento con base en el estudio.
 - 4.11.3 Las medidas de monitoreo y su fundamento con base en el estudio.
- Para cualquiera de las alternativas consideradas anteriormente realizar un análisis de su aplicación (consecuencias de su aplicación) y su interacción con el medio ambiente. El contenido del programa de remediación se halla en el anexo L.
- 4.12 La descripción de las suposiciones hechas a lo largo de los cálculos efectuados y de las limitaciones e incertidumbres de los datos en los cuales se basa la evaluación del riesgo, y la caracterización total del riesgo, entendiendo esta como la conclusión de la evaluación de toda la información anterior.

- 4.12.1 Determinación de las suposiciones e incertidumbres de los cálculos efectuados.
 - 4.12.2 Determinación de las suposiciones e incertidumbres de los datos empleados en los cálculos efectuados en los cuales se basa la evaluación del riesgo ambiental.

 - 4.12.3 La evaluación de los posibles errores y riesgos que de los cálculos y datos se desprendan.
 - 4.12.4 La determinación de las incertidumbres asociadas a la caracterización del riesgo puede requerir la aplicación de métodos estadísticos y probabilísticos, que muestren los márgenes, distribuciones o intervalos de incertidumbre.
- 4.13 Cuando el receptor de la contaminación sea además la población humana se debe seguir el método del anexo 2 y considerar lo siguiente:

Se aplicaran los numerales 3B.2, 3B.6, 3B.7, 3B.8, 3B.10, 3B.11, 3B.12, 3B.13 y 3B.15 del numeral 3, caso B, los cuales se enfocan a la población humana.

Nivel 2

Cuando se trata de:

- Áreas Naturales Protegidas o
- Áreas no urbanas con actividad agropecuaria (agrícola/ganadera/piscícola, etc.)

Donde los posibles receptores de la contaminación puedan ser:

- Especies de uso o valor económico.
- Especies protegidas.
- Ecosistemas valiosos.

Y existe la información toxicológica necesaria para realizar la evaluación de riesgo ambiental.

- 4.1 La definición del problema basada en la evaluación de la información contenida en los estudios de caracterización y las investigaciones históricas correspondientes.
 - 4.2.1 Los resultados del estudio de caracterización y de las investigaciones históricas (anexo A).
 - 4.2.2 Descripción del sitio incluyendo la descripción general de los Recursos Naturales en el sitio.
 - 4.2.3 Resultados de las visitas efectuadas al sitio (entre otros fotografías).
 - 4.2.4 Un diagrama de flujo de los pasos a seguir durante la Evaluación de Riesgo Ambiental en concordancia con el diagrama del anexo C y (atendiendo la estrategia del anexo B) con las acotaciones y cambios específicos del caso.
 - 4.2.5 Plano geo-referenciado en coordenadas UTM del predio y sus colindancias inmediatas que contenga lo siguiente: límites del predio, vías de comunicación e infraestructuras colindantes, áreas contaminadas por encima de los límites máximos permisibles (LMP) o concentraciones de referencia (CR), áreas de almacenamiento o disposición de residuos sólidos municipales, residuos de manejo especial, residuos y materiales peligrosos (en su caso), áreas con apilamientos o enterramientos (en su caso), áreas con concentraciones de contaminantes por debajo de los LMP o CR, instalaciones e edificaciones en el predio.
 - 4.2.6 Plano geo-referenciado en coordenadas UTM a nivel regional de una institución oficial como Servicio Geológico Mexicano (SGM), Instituto Nacional de Geografía e Informática (INEGI) u otra que incluya: las características geográficas “vulnerables” como son cuerpos de agua superficiales por ejemplo ríos, lagos, canales; entre otros, infraestructura e instalaciones relevantes para el caso de estudio, poblaciones o asentamientos mas cercanos, vías de ferrocarril, caminos de acceso y de servicios.
 - 4.2.7 Con la información de este numeral se elige el nivel de estudio de evaluación de riesgo ambiental de acuerdo con el tipo de área y el tipo de receptor de acuerdo a la matriz de decisión del anexo D.

- 4.2 La determinación de los contaminantes o componentes críticos para los ecosistemas y recursos a proteger y con los cuales se efectuará la evaluación de riesgo.
 - 4.2.1 Procedimiento de elección conforme al método del anexo 1 o 2.
 - 4.2.2 Fundamento de la elección.
 - 4.2.3 Listado de contaminantes o componentes críticos elegidos.

- 4.3 La determinación de los factores específicos al sitio que influyen en la exposición y dispersión de los contaminantes.
 - 4.3.1 La determinación de los mecanismos de transporte y exposición de los contaminantes.
 - 4.3.2 Información geográfica relevante para el transporte y destino de los contaminantes.
 - 4.3.3 La determinación de las propiedades físico-químicas que influyen en su transporte y exposición de los contaminantes.
 - 4.3.4 La determinación de los factores específicos del sitio que influyen en el transporte y exposición de los contaminantes.
 - 4.3.5 La determinación de las características de polvos que contienen contaminantes que se generan en el sitio.
 - 4.3.6 La determinación de la fracción soluble o lixiviados de los contaminantes de suelos.
 - 4.3.7 Para la determinación de solubles o lixiviados se pueden aplicar las pruebas de laboratorio establecidas en las Normas Oficiales Mexicanas. En caso de que el contaminante no este normado se aplicara, según el tipo de contaminante, un método recomendados por la Secretaría, que sea adecuado a las condiciones del pasivo ambiental. Las recomendaciones de aplicación y los métodos de prueba y evaluación de la fracción de lixiviados de suelos se hallan en el anexo E.

- 4.4 La determinación fundamentada de la movilidad de los contaminantes en el suelo y de las funciones de protección y retención del mismo. Esta evaluación se realizara siguiendo las recomendaciones del anexo F o un método equivalente.

Las propiedades físico-químicas de los contaminantes mas comunes se encuentran en el anexo G, el cual contiene además las ligas a las fuentes. Son de considerarse en especial las rutas de exposición “suelo – agua” y “suelo – polvos – suelos” para la evaluación de la vulnerabilidad de los recursos naturales (suelo y agua) a dichos contaminantes y para la evaluación de la movilidad de los contaminantes. Para seres humanos deben de ser evaluadas todas las rutas de exposición antes de descartarlas.

- 4.5 La determinación de los puntos de exposición.
 - 4.5.1 La determinación de los puntos de exposición en el escenario de exposición actual.
 - 4.5.2 La determinación de los puntos de exposición en el escenario de exposición futura: durante la aplicación de acciones de remediación y después de la aplicación de acciones de remediación.

4.6 La determinación de las rutas y vías de exposición presentes y futuras, completas e incompletas.

4.6.1 La identificación de las rutas y vías de exposición presentes (incompletas y completas).

4.6.2 La identificación de las rutas y vías de exposición futuras (incompletas y completas).

4.6.3 La descripción detallada de las rutas y vías de exposición completas y su fundamento.

4.6.4 La descripción detallada de las rutas y vías de exposición no completas y su fundamento.

4.6.5 El diagrama de rutas y vías de exposición por contaminante crítico.

4.7 La categorización de las rutas y vías de exposición para las cuales se evaluará el riesgo.

4.8 La determinación de los componentes del ecosistema, incluyendo organismos blanco de interés especial o de organismos productivos residentes en el sitio.

En caso de ser necesario si existen faltantes de información, el plan de caracterización del sitio (adicional) específico para el estudio de riesgo ambiental incluyendo el plan de muestreo y los resultados analíticos.

En la selección de las especies críticas (organismos blanco de interés) se siguen las reglas básicas señaladas en el anexo 1, numeral 2.4.

4.8.1 Organismos o especies con uso/valor económico, en su caso.

4.8.2 Organismos o especies críticas protegidas, en su caso.

4.8.3 Recursos naturales vulnerables, en todos los casos.

4.8.4 Identificación de las poblaciones de los organismos o especies señalados en las fracciones 4.8.1 y 4.8.2, que pudieran estar expuestos y en riesgo.

4.8.5 Esta determinación incluye la determinación de la(s) característica(s) o aspectos específicos de los organismos o recursos naturales a estudiar o medir siguiendo las reglas específicas del anexo 1.

4.9 La determinación de la toxicidad y la exposición de los contaminantes a los componentes del ecosistema, incluyendo los organismos blanco de interés especial (especies protegidas) o de organismos productivos residentes en el sitio (especies con valor económico) y, la evaluación de los efectos.

4.9.1 En el caso de que exista información toxicológica para las especies o los contaminantes se podrá determinar los Valores de Referencia de Toxicidad (VRT) pertenecientes a los contaminantes y las especies, tal como se describe en el anexo 1.

4.9.2 Con los VRT se aplican ecuaciones señaladas en el anexo 1, numeral 3.4, para especies de fauna y flora del sitio para estimar las condiciones de exposición de los organismos evaluados

4.9.3 Determinación de la exposición individual y total de los organismos o especies elegidas a los contaminantes.

4.9.4 La justificación de cómo se seleccionaron los diferentes valores empleados.

- 4.9.5 La justificación de la selección de la especie de comparación.
 - 4.9.6 Las fuentes de información bibliográfica empleadas.
 - 4.9.7 Para la determinaciones a que se refieren las fracciones 4.9.2 y 4.9.3 se podrá utilizar los perfiles toxicológicos aceptados internacionalmente. Ligas a los bancos de datos internacionales se encuentran en el anexo 1.
 - 4.9.8 Determinar los Cocientes de Peligrosidad (IP) de los contaminantes críticos con respecto a las especies elegidas.
- 4.10 Caracterización del riesgo total, su interpretación y la determinación de las incertidumbres en la caracterización del riesgo.
- 4.11 Elaboración de la hipótesis de Exposición Total del medio ambiente y la(s) población(s) receptora(s) a los contaminantes críticos a través de un “Modelo Conceptual” en donde se muestre.
- 4.11.1 Las rutas y vías de exposición.
 - 4.11.2 Los medios físicos afectados y las matrices en donde los contaminantes son móviles.
 - 4.11.3 Los riesgos provenientes de contaminantes para el medio ambiente.
 - 4.11.4 La representación gráfica de la información señalada en las fracciones anteriores.
 - 4.11.5 Descripción de las posibles consecuencias o efectos adversos al medio ambiente y las poblaciones expuestas a los riesgos evaluados que se desprenden de la presencia de los contaminantes.
 - 4.11.6 Una descripción de modelo conceptual se halla en el anexo J.
- 4.12 Conforme a los resultados de la aplicación de la guía podrán establecerse una o varias de las alternativas siguientes:
- 4.12.1 La propuesta de remediación conforme a los Niveles de Remediación Específicos del sitio, su fundamento con base en el estudio.
 - 4.12.2 El conjunto de medidas que permitan disminuir el riesgo y la exposición y su fundamento con base en el estudio.
 - 4.12.3 Las medidas de monitoreo y su fundamento con base en el estudio.
- Para cualquiera de las alternativas consideradas anteriormente realizar un análisis de su aplicación (consecuencias de su aplicación) y su interacción con el medio ambiente. El contenido del programa de remediación se halla en el anexo L.
- 4.13 La descripción de las suposiciones hechas a lo largo de los cálculos efectuados y de las limitaciones e incertidumbres de los datos en los cuales se basa la evaluación del riesgo, y la caracterización total del riesgo, entendiendo esta como la conclusión de la evaluación de toda la información anterior.
- 4.13.1 Determinación de las suposiciones e incertidumbres de los cálculos efectuados,
 - 4.13.2 Determinación de las suposiciones e incertidumbres de los datos empleados en los cálculos efectuados en los cuales se basa la evaluación del riesgo ambiental,

- 4.13.3 La evaluación de los posibles errores y riesgos que de los cálculos y datos se desprendan.
 - 4.13.4 La determinación de las incertidumbres asociadas a la caracterización del riesgo puede requerir la aplicación de métodos estadísticos y probabilísticos, que muestren los márgenes, distribuciones o intervalos de incertidumbre.
- 4.14 Cuando el receptor de la contaminación sea además la población humana se debe seguir el método del anexo 2 y considerar lo siguiente:

Se aplicaran los numerales 3B.2, 3B.6, 3B.7, 3B.8, 3B.10, 3B.11, 3B.12, 3B.13 y 3B.15 del numeral 3, caso B, los cuales se enfocan a la población humana.

Nivel 3

Cuando se trata de:

- Áreas Naturales Protegidas o
- Áreas no urbanas con actividad agropecuaria (agrícola/ganadera/piscícola, etc.).

Donde los posibles receptores de la contaminación puedan ser:

- Especies de uso o valor económico.
- Especies protegidas.
- Ecosistemas valiosos.

Y existe la información toxicológica necesaria para realizar la evaluación de riesgo ambiental y se haya determinado que los Índices de Peligro para especies sean mayor que 1.

- 4.1 La definición del problema basada en la evaluación de la información contenida en los estudios de caracterización y las investigaciones históricas correspondientes.
 - 4.1.1 Los resultados del estudio de caracterización y de las investigaciones históricas (anexo A).
 - 4.1.2 Descripción del sitio incluyendo la descripción general de los Recursos Naturales en el sitio.
 - 4.1.3 Resultados de las visitas efectuadas al sitio (entre otros fotografías).
 - 4.1.4 Un diagrama de flujo de los pasos a seguir durante la Evaluación de Riesgo Ambiental en concordancia con el diagrama del anexo C y (atendiendo la estrategia del anexo B) con las acotaciones y cambios específicos del caso.
 - 4.1.5 Plano geo-referenciado en coordenadas UTM del predio y sus colindancias inmediatas que contenga lo siguiente: límites del predio, vías de comunicación e infraestructuras colindantes, áreas contaminadas por encima de los Límites Máximos Permisibles (LMP) o Concentraciones de Referencia (CR), áreas de almacenamiento o disposición de residuos sólidos municipales, residuos de manejo especial, residuos y materiales peligrosos (en su caso), áreas con apilamientos o enterramientos (en su caso), áreas con concentraciones de contaminantes por debajo de los LMP o CR, instalaciones e edificaciones en el predio.
 - 4.1.6 Plano geo-referenciado en coordenadas UTM a nivel regional de una institución oficial como Servicio Geológico Mexicano (SGM), Instituto Nacional de Geografía e Informática (INEGI) u otra que incluya: las características geográficas “vulnerables” como son cuerpos de agua superficiales por ejemplo ríos, lagos, canales; entre otros, infraestructura e instalaciones relevantes para el caso de estudio, poblaciones o asentamientos mas cercanos, vías de ferrocarril, caminos de acceso y de servicios.
 - 4.1.7 Con la información de este numeral se elige el nivel de estudio de evaluación de riesgo ambiental de acuerdo con el tipo de área y el tipo de receptor de acuerdo a la matriz de decisión del anexo D.

- 4.2 La determinación de los contaminantes o componentes críticos para los ecosistemas y recursos a proteger y con los cuales se efectuará la evaluación de riesgo.
 - 4.2.1 Procedimiento de elección conforme al método del anexo 1 o 2.
 - 4.2.2 Fundamento de la elección.
 - 4.2.3 Listado de contaminantes o componentes críticos elegidos.

- 4.3 La determinación de los factores específicos al sitio que influyen en la exposición y dispersión de los contaminantes.
 - 4.3.1 La determinación de los mecanismos de transporte y exposición de los contaminantes.
 - 4.3.2 Información geográfica relevante para el transporte y destino de los contaminantes.
 - 4.3.3 La determinación de las propiedades físico-químicas que influyen en su transporte y exposición de los contaminantes.
 - 4.3.4 La determinación de los factores específicos del sitio que influyen en el transporte y exposición de los contaminantes.
 - 4.3.5 La determinación de las características de polvos que contienen contaminantes que se generan en el sitio.
 - 4.3.6 La determinación de la fracción soluble o lixiviados de los contaminantes de suelos.
 - 4.3.7 Para la determinación de solubles o lixiviados se pueden aplicar las pruebas de laboratorio establecidas en las Normas Oficiales Mexicanas. En caso de que el contaminante no este normado se aplicara, según el tipo de contaminante, un método recomendados por la Secretaría, que sea adecuado a las condiciones del pasivo ambiental. Los métodos de prueba y evaluación de la fracción de lixiviados de suelos se hallan en el anexo E.

- 4.4 La determinación fundamentada de la movilidad de los contaminantes en el suelo y de las funciones de protección y retención del mismo. Esta evaluación se realizara siguiendo las recomendaciones del anexo F o un método equivalente.

Las propiedades físico-químicas de los contaminantes mas comunes se encuentran en el anexo G, el cual contiene además las ligas a las fuentes. Son de considerarse en especial las rutas de exposición “suelo – agua” y “suelo – polvos – suelos” para la evaluación de la vulnerabilidad de los recursos naturales (suelo y agua) a dichos contaminantes y para la evaluación de la movilidad de los contaminantes. Para seres humanos deben de ser evaluadas todas las rutas de exposición antes de descartarlas.

- 4.5 La determinación de los puntos de exposición.
 - 4.5.1 La determinación de los puntos de exposición en el escenario de exposición actual.
 - 4.5.2 La determinación de los puntos de exposición en el escenario de exposición futura: durante la aplicación de acciones de remediación y después de la aplicación de acciones de remediación.

- 4.6 La determinación de las rutas y vías de exposición presentes y futuras, completas e incompletas.

- 4.6.1 La identificación de las rutas y vías de exposición presentes (incompletas y completas).
- 4.6.2 La identificación de las rutas y vías de exposición futuras (incompletas y completas).
- 4.6.3 La descripción detallada de las rutas y vías de exposición completas y su fundamento.
- 4.6.4 La descripción detallada de las rutas y vías de exposición no completas y su fundamento.
- 4.6.5 El diagrama de rutas y vías de exposición por contaminante crítico.

4.7 La categorización de las rutas y vías de exposición para las cuales se evaluará el riesgo.

4.8 La determinación de los componentes del ecosistema, incluyendo organismos blanco de interés especial o de organismos productivos residentes en el sitio.

En caso de ser necesario si existen faltantes de información, el plan de caracterización del sitio (adicional) específico para el estudio de riesgo ambiental incluyendo el plan de muestreo y los resultados analíticos.

En la selección de las especies críticas (organismos blanco de interés) se siguen las reglas básicas señaladas en el anexo 1, numeral 2.4.

- 4.8.1 Organismos o especies con uso/valor económico, en su caso.
- 4.8.2 Organismos o especies críticas protegidas, en su caso.
- 4.8.3 Recursos naturales vulnerables, en todos los casos.
- 4.8.4 Identificación de las poblaciones de los organismos o especies señalados en las fracciones 4.8.1 y 4.8.2, que pudieran estar expuestos y en riesgo.
- 4.8.5 Esta determinación incluye la determinación de la(s) característica(s) o aspectos específicos de los organismos o recursos naturales a estudiar o medir siguiendo las reglas específicas del anexo 1.

4.9 La determinación de la toxicidad y la exposición de los contaminantes a los componentes del ecosistema, incluyendo los organismos blanco de interés especial (especies protegidas) o de organismos productivos residentes en el sitio (especies con valor económico) y, la evaluación de los efectos.

- 4.9.1 En el caso de que exista información toxicológica para las especies se podrá determinar los Valores de Referencia de Toxicidad (VRT) pertenecientes a los contaminantes y las especies, como se describe en el anexo 1.
- 4.9.2 Con los VRT se aplican ecuaciones señaladas en el anexo 1, para especies de fauna y flora del sitio para estimar las condiciones de exposición de los organismos evaluados
- 4.9.3 Determinación de la exposición individual y total de los organismos o especies elegidas a los contaminantes.
- 4.9.4 La justificación de cómo se seleccionaron los diferentes valores empleados.
- 4.9.5 La justificación de la selección de la especie de comparación.
- 4.9.6 Las fuentes de información bibliográfica empleadas.

- 4.9.7 Para la determinaciones a que se refieren las fracciones 4.9.1, 4.9.2 y 4.9.3 se podrá utilizar los perfiles toxicológicos aceptados internacionalmente. Ligas a los bancos de datos internacionales se encuentran en el anexo 1.
- 4.9.8 Determinar los Cocientes de Peligrosidad (IP) de los contaminantes críticos con respecto a las especies elegidas. Ver anexo 1, numeral 3.4.
- 4.10 Caracterización del riesgo total, su interpretación y la determinación de las incertidumbres en la caracterización del riesgo.
- 4.11 Elaboración de la hipótesis de Exposición Total del medio ambiente y la(s) población(s) receptora(s) a los contaminantes críticos a través de un “Modelo Conceptual” en donde se muestre.
 - 4.11.1 Las rutas y vías de exposición.
 - 4.11.2 Los medios físicos afectados y las matrices en donde los contaminantes son móviles.
 - 4.11.3 Los riesgos provenientes de contaminantes para el medio ambiente.
 - 4.11.4 La representación gráfica de la información señalada en las fracciones anteriores.
 - 4.11.5 Descripción de las posibles consecuencias o efectos adversos al medio ambiente y las poblaciones expuestas a los riesgos evaluados que se desprenden de la presencia de los contaminantes.
 - 4.11.6 Una descripción de modelo conceptual se halla en el anexo J.
- 4.12 La descripción de las suposiciones hechas a lo largo de los cálculos efectuados y de las limitaciones e incertidumbres de los datos en los cuales se basa la evaluación del riesgo, y la caracterización total del riesgo, entendiendo esta como la conclusión de la evaluación de toda la información anterior.
 - 4.12.1 Determinación de las suposiciones e incertidumbres de los cálculos efectuados,
 - 4.12.2 Determinación de las suposiciones e incertidumbres de los datos empleados en los cálculos efectuados en los cuales se basa la evaluación del riesgo ambiental,
 - 4.12.3 La evaluación de los posibles errores y riesgos que de los cálculos y datos se desprendan.
 - 4.12.4 La determinación de las incertidumbres asociadas a la caracterización del riesgo puede requerir la aplicación de métodos estadísticos y probabilísticas, que muestren los márgenes, distribuciones o intervalos de incertidumbre.

En la evaluación del riesgo ambiental en el caso de que en el sitio contaminado existan especies vegetales o animales sujetas a algún estatus especial de protección (NOM-059) y sea de interés conocer el estado de ecosistemas en áreas naturales protegidas o áreas de alto valor ecológico y se haya determinado que los Índices de Peligro son mayor que 1, la evaluación del riesgo ambiental comprende además lo siguiente:

- 4.13 La identificación de los biomarcadores de exposición y de efecto para el tipo de biota elegida que se monitoreará. Ver el anexo M.
- 4.14 La elección y fundamento de la aplicación de Índices Bióticos para el monitoreo de especies y ecosistemas como son: índice de riqueza de especies, índice de diversidad, índice de equitatividad, índice de similitud, índices de integridad biótica, cocientes de riesgo ecológico u otros aplicables. Ver el anexo N.
- 4.15 La selección de los sitios de referencia para la comparación con el sitio contaminado y de los factores de respuesta de las comunidades a medir en ambos sitios.
- 4.16 La determinación de especies silvestres para los cuales se efectuarán bioensayos.
- 4.17 Los resultados de la aplicación de bioensayos (modelos toxicológicos experimentales), cuando esto sea necesario y se haya aplicado.
- 4.18 La caracterización del riesgo ambiental-ecológico total para las especies protegidas y el ecosistema.
- 4.19 Descripción de las posibles consecuencias o efectos adversos al medio ambiente y las especies y sus poblaciones expuestas a los riesgos evaluados que se desprenden de la presencia de los contaminantes y los resultados de los bioensayos.
- 4.20 Conforme a los resultados de la guía podrán establecerse una o varias de las alternativas siguientes:
 - 4.20.1 La propuesta de remediación conforme a los Niveles de Remediación Específicos (NRE) del sitio, su fundamento con base en el estudio. En la determinación de los NRE se aplican los métodos y cálculos que se encuentran en el anexo K.
 - 4.20.2 El conjunto de medidas que permitan disminuir el riesgo y la exposición y su fundamento con base en el estudio.
 - 4.20.3 Las medidas de monitoreo y su fundamento con base en el estudio.

Para cualquiera de las alternativas consideradas anteriormente realizar un análisis de su aplicación (consecuencias de su aplicación) y su interacción con el medio ambiente. El contenido del programa de remediación se halla en el anexo L.

5 Programa de Remediación del Suelo Contaminado

Los programas de remediación, según corresponda, se integran con:

- Estudios de caracterización;
- Estudios de evaluación del riesgo ambiental, según corresponda;
- Investigaciones históricas, según sea el caso; y
- Las propuestas de remediación.

Los programas de remediación se elaborarán con base en el estudio de caracterización y, en su caso, en el de evaluación de riesgo ambiental. En la elaboración de los programas de remediación para pasivos ambientales también se considerarán las investigaciones históricas.

Todos estas investigaciones tendrán como finalidad establecer las actividades realizadas en el sitio contaminado causantes de los daños ambientales; los sucesos que condujeron a la contaminación del suelo, el subsuelo y los mantos acuíferos; las condiciones geo-hidrológicas que prevalecieron en el sitio con base a informaciones documentales, si existen; así como las relaciones de posesión y uso pasado y presente del predio o predios en los cuales se localice el sitio contaminado.

Las propuestas de remediación para emergencias y pasivos ambientales se integrarán al programa de remediación y contendrán:

5.1. Las técnicas o procesos de remediación a aplicar, especificando en su caso los métodos de muestreo a aplicar.

- 5.1.1 Nombre de la técnica o proceso de remediación.
- 5.1.2 Orden de aplicación de las técnicas o procesos de remediación a aplicar.
- 5.1.3 Áreas del sitio contaminado donde se aplicara cada técnica o proceso.
- 5.1.4 Método de muestreo para cada técnica o proceso de remediación a emplear.
- 5.1.5 Fundamentación de la remediación propuesta con respecto al tipo de contaminante y a las condiciones del sitio que se propone aplicar con base en los resultados de la caracterización y el estudio de riesgo ambiental del sitio, en su caso.

5.2. Los datos de los responsables técnicos de la remediación.

- 5.2.1 Nombre, domicilio, teléfono y correo electrónico.
- 5.2.2 Numero de autorización (en caso de ser prestador de servicios).
- 5.2.3 Documentación que acredite la formación profesional y experiencia en la remediación de sitios contaminados por materiales peligrosos o residuos peligrosos, en su caso.

5.3. La descripción del equipo a emplear, los parámetros de control del mismo, listado y hojas de seguridad de insumos y constancia de laboratorio, fabricante o formulador sobre la no patogenicidad de microorganismos cuando estos se empleen.

- 5.3.1 Nombre y descripción del equipo a emplear.
- 5.3.2 Parámetros de control del mismo.
- 5.3.3 Listado y hojas de seguridad de insumos y microorganismos.
- 5.3.4 Cantidades de insumos a aplicar en las acciones de remediación.

- 5.4. Las concentraciones, niveles o límites máximos que se establezcan en las normas oficiales mexicanas o los niveles de remediación específicos a alcanzar en el sitio contaminado conforme al estudio de evaluación del riesgo correspondiente.
 - 5.4.1 Las áreas y los volúmenes de suelos a remediar.
 - 5.4.2 Los Niveles de Remediación propuestos.
 - 5.4.3 El señalamiento de si se realizó un Estudio de Riesgo Ambiental y si se determinaron los Niveles de Remediación Específicos del sitio con base en los resultados del mismo.
 - 5.4.4 Si se realizó un Estudio de Riesgo Ambiental las acciones de reducción de la exposición y de monitoreo con base en los resultados del mismo, en su caso.

- 5.5. La descripción de las acciones de remediación con base en los niveles propuestos conforme a la fracción anterior.
 - 5.5.1 La descripción de cada paso a realizar u operación unitarias que conforman el tren de la remediación,
 - 5.5.2 Los objetivos específicos a alcanzar en cada paso u operación de remediación,
 - 5.5.3 Los diagramas de flujo de las operaciones a realizar durante la remediación que muestren tanto los flujos de masa de suelos, de los contaminantes y de los insumos,
 - 5.5.4 Los puntos críticos donde se pueden generar emisiones a la atmósfera, descargas de agua contaminada, subproductos y residuos peligrosos y los volúmenes aproximados de generación.
 - 5.5.5 Los resultados de las pruebas de adecuación de campo de las técnicas de remediación especiales, en su caso.
 - 5.5.6 Planos del lugar geo-referenciados con coordenadas UTM a escala local y regional, en caso de requerirse por la extensión de la contaminación del sitio, tal como se describen en el numeral 3. Los planos del sitio que muestren:
 - (a) las áreas contaminadas por encima de los Límites Máximos Permisibles o Concentraciones de Referencia de los contaminantes establecidas en las Normas Oficiales Mexicanas o de aquellas determinados mediante una evaluación de riesgo ambiental o en su caso las determinadas por la SEMARNAT.
 - (b) las áreas donde se localicen de depósitos y confinamientos de materiales y residuos peligrosos, en su caso.
 - (c) las líneas de iso-concentración mostrando la migración del contaminante en suelo y subsuelo, en su caso.
 - (d) las instalaciones de manejo de materiales o residuos, los depósitos de residuos que se encuentren en el sitio, en su caso, (e) edificaciones e instalaciones subterráneas.
 - 5.5.7 La indicación del destino final del suelo ya tratado dentro del predio y fuera del sitio.
 - 5.5.8 La descripción de obras civiles involucradas en la remediación en especial de aquellas que requieran mantenimiento para garantizar un nivel de riesgo aceptable.

- 5.5.9 Las especificaciones técnicas y de materiales para la aplicación de medidas constructivas de reducción de la exposición en especial las especificaciones constructivas de obra civil, las especificaciones de la calidad de los materiales utilizados en dichas obras y las especificaciones del plan de mantenimiento de dichas obras de ser necesario.

- 5.6. El plan de monitoreo en el sitio.
 - 5.6.1 Programas de muestreo y monitoreo
 - 5.6.2 Encargado del muestreo.
 - 5.6.3 Encargado del monitoreo.
 - 5.6.4 Programa de muestreo final comprobatorio.
 - 5.6.5 Documento comprobatorio de la cadena de custodia de las muestras.
 - 5.6.6 Bitácora de registro de monitoreo.

- 5.7. El programa calendarizado de actividades a realizar.
 - 5.7.1 El cronograma calendarizado de los trabajos a realizar, incluyendo el programa de transporte, de reubicación o de movimiento de suelos (en su caso).

- 5.8. El uso futuro del sitio remediado.

- 5.9. El plan de desalojo de residuos sólidos urbanos, residuos de la construcción, residuos de manejo especial y residuos peligrosos presentes en el sitio en el caso de pasivos ambientales, y
 - 5.9.1 El cronograma calendarizado de desalojo de los residuos (RSU, RME, RP) incluyendo aquellos residuos que las operaciones o acciones de remediación pudieran generar (en su caso) y su manejo.

- 5.10. El plan de seguimiento de los receptores determinados en el estudio de evaluación de riesgo ambiental, en caso de pasivos ambientales.

En la aplicación de esta guía se consideran las siguientes definiciones.
Las definiciones del proyecto de reglamento de la LGPGIR
serán validas a partir de su entrada en vigor.

6 Glosario

Absorción: Proceso por el cual una sustancia tóxica atraviesa las membranas de las células de un organismo a través de la piel, pulmones, tracto digestivo o branquias y luego es transportado hacia otros órganos.

Acuífero: Cualquier formación geológica o conjunto de formaciones geológicas hidráulicamente conectados entre sí, por las que circulan o se almacenan aguas del subsuelo que pueden ser extraídas para su explotación, uso o aprovechamiento y cuyos límites laterales y verticales se definen convencionalmente para fines de evaluación, manejo y administración de las aguas nacionales del subsuelo (LAN).

Agente: Cualquier entidad biológica, química o física que puede producir un efecto adverso
Término relacionado: agente estresante (US-EPA, 1998).

Almacenamiento de residuos peligrosos: Acción de retener temporalmente los residuos peligrosos en áreas que cumplen con las condiciones establecidas en las disposiciones aplicables para evitar su liberación, en tanto se procesan para su aprovechamiento, se les aplica un tratamiento, se transportan o se dispone finalmente de ellos (Proy. Regl. LGPGIR).

Alterador endócrino: Agente químico exógeno o mezclas que alteran la(s) función(es) del sistema endócrino, tanto en la producción, liberación, transporte, metabolismo, enlace, acción, o eliminación de hormonas naturales, y por consecuencia causa efectos adversos en el organismo, su descendencia o (sub) poblaciones.

Ambiente: El conjunto de elementos naturales y artificiales o inducidos por el hombre que hacen posible la existencia y desarrollo de los seres humanos y demás organismos vivos que interactúan en un espacio y tiempo determinados (LGEEPA).

Ambiente terrestre: Ambientes localizados en tierra. Por ejemplo: bosques, selvas, desiertos.

Ambiente acuático: Ambientes localizados en cuerpos de agua. Por ejemplo: ríos, arroyos, lagos, lagunas, esteros, canales.

Análisis determinístico: Análisis donde se asume que todos los parámetros poblacionales y ambientales son constantes y son especificados como tales (Van Leeuwen y Hermens, 1995).

Áreas naturales protegidas: Las zonas del territorio nacional y aquellas sobre las que la nación ejerce su soberanía y jurisdicción, en donde los ambientes originales no han sido significativamente alterados por la actividad del ser humano o que requieren ser preservadas y restauradas y están sujetas al régimen previsto en la presente Ley (LGEEPA).

Tipos de ANP: I.- Reservas de la biosfera, II.- Se deroga (*Fracción derogada DOF 13-12-1996*), III.- Parques nacionales, IV.- Monumentos naturales, V.- Se deroga (*Fracción derogada DOF 13-12-1996*), VI.- Áreas de protección de recursos naturales, VII.- Áreas de protección de flora y fauna, VIII.- Santuarios, IX.- Parques y Reservas Estatales, y X.- Zonas de preservación ecológica de los centros de población. (LGEEPA Art. 46).

Bentónico: Organismos que viven en el fondo de un ambiente acuático (lago, laguna o mar), que se desplazan desde la superficie hasta la zona más profunda. (Smith y Smith, 2001).

Bioensayo de toxicidad: Prueba para establecer la magnitud y la naturaleza del efecto que producirá un agente químico sobre organismos expuestos a él bajo condiciones específicas.

Nota aclaratoria: En el área de la ecotoxicología, los agentes incluyen muestras ambientales de agua, suelo o sedimentos, efluentes domésticos e industriales, extractos de sedimentos o suelos contaminados, etc.

Nota aclaratoria: Un bioensayo de toxicidad evalúa la porción de organismos afectados (resultado cuantitativo) o el grado de efecto (resultado cualitativo) después de la exposición a niveles específicos de un estímulo (concentración o dosis de un químico o mezcla de químicos). Término relacionado: Prueba de toxicidad (Van Leeuwen and Hermens, 1995).

Bioensayo agudo: Pruebas cortas, en relación con el tiempo generacional de los organismos, y generalmente a altas concentraciones de exposición (Van Leeuwen y Hermens, 1995).

Bioensayo crónico: Pruebas con tiempos mayores de exposición a un agente estresante y concentraciones generalmente bajas. El tiempo de exposición corresponde al menos de una décima parte del tiempo de vida de los organismos en estudio y las respuestas corresponden por ejemplo a cambios en el metabolismo, crecimiento, reproducción, habilidad para sobrevivir (Van Leeuwen y Hermens, 1995).

Bioensayo subcrónico: Pruebas de corta exposición que son indicativas de efectos a tiempos de exposición mayores, generalmente dirigidas a organismos con estadios de vida críticos o sensibles. El tiempo de exposición generalmente no excede el 10 % del tiempo de vida de los organismos (Van Leeuwen y Hermens, 1995).

Barreras fisiológica o anatómica: Elementos que impiden o limitan la interacción entre elementos internos y externos de un organismos. Ejemplos: bombas de intercambio iónico (barreras fisiológicas), tejido epitelial, mucosidades, escamas (barreras anatómicas).

Bioacumulación: Concentración resultante acumulada en el medio ambiente o en los tejidos de organismos a partir de la incorporación, distribución y eliminación de contaminantes obtenidos por todas las rutas de exposición por ejemplo por aire, agua, suelo, sedimento y alimento.

Nota aclaratoria: La acumulación se da debido a su persistencia, la baja o nula alteración por el metabolismo del organismo y/o diversas características fisicoquímicas del contaminante.

Bioaccesibilidad: Fracción soluble de un elemento químico contenido en el suelo determinado a partir de un estudio *in vitro* (NOM 147).

Biodisponibilidad: Característica de las sustancias tóxicas que indica la facilidad de incorporarse a los seres vivos mediante procesos o mecanismos, inhalación, ingesta o absorción, y que están influenciados por diferentes parámetros como, las rutas de exposición, las características fisiológicas del receptor y las características químicas del xenobiótico (Decapio, 1997).

Nota aclaratoria: se puede interpretar como la fracción soluble de un elemento potencialmente tóxico que puede atravesar barreras biológicas de intercambio del organismo receptor.

Biodiversidad: La variabilidad de organismos vivos de cualquier fuente, incluidos, entre otros, los ecosistemas terrestres, marinos y otros ecosistemas acuáticos y los complejos ecológicos de los que forman parte; comprende la diversidad dentro de cada especie, entre las especies y de los ecosistemas (LGEEPA).

Biodisponibilidad porcentual: Fracción o porcentaje de un compuesto que es ingerido, inhalado o aplicado a la superficie cutánea que alcanza la circulación sistémica. Es la relación entre la dosis absorbida y la dosis administrada. La dosis absorbida se determina al medir la concentración del compuesto en excretas.

Biodisponibilidad relativa: Es una medida de la extensión de la absorción entre dos o más formas del mismo químico, diferentes vehículos o diferentes dosis. Es la relación entre la fracción absorbida del medio expuesto en la evaluación de riesgo y la fracción absorbida de la dosis media usada en el estudio de toxicidad.

Biomarcador: Es un indicador bioquímico, fisiológico o ecológico del estrés físico, químico o biológico en los organismos y sus poblaciones. Es un trazador de las reacciones que pueden ocurrir a diferentes niveles –molecular, celular, en el organismo completo, las poblaciones o comunidades. Su detección permite evaluar de forma temprana los efectos negativos de los contaminantes.

Nota aclaratoria: Se utilizan para: (1) detectar la presencia de una exposición; (2) determinar las consecuencias biológicas de la exposición; (3) detectar los estados iniciales e intermedios de un proceso patológico; (4) identificar a los individuos sensibles de una población; y (5) fundamentar la decisión de intervenir, tanto a nivel individual como ambiental.

Biomarcadores de exposición: Respuestas biológicas que integran las propiedades fisicoquímicas del compuesto tóxico y su toxicocinética en el organismo; es decir, reflejan que el organismo está o ha estado expuesto a contaminantes particulares dando cuenta de su biodisponibilidad.

Biomarcadores de efecto: Respuestas moleculares, bioquímicas, celulares o fisiológicas de un organismo y que son indicativas del efecto tóxico de los contaminantes. Algunos de estos biomarcadores señalan solamente el estado de un proceso que puede ser o no reversible, dependiendo de la duración e intensidad de la exposición.

Biota: Todos los organismos vivos, sean plantas, animales o microorganismos.

Cadena de custodia: documento donde los responsables registran la obtención de muestras, su transporte y entrega de éstas al laboratorio para la realización de pruebas o de análisis (Regl. LGPGIR).

Cálculo de riesgo: Cuantificación de la probabilidad de que ocurran efectos adversos específicos en un organismo, sistema o población por la exposición actual o futura a un contaminante (Van Leeuwen and Hermens, 1995).

Nota aclaratoria: Esto incluye la magnitud, escala espacial, duración e intensidad de las consecuencias adversas y sus probabilidades asociadas como una descripción de la relación entre causa-efecto.

Caracterización de riesgo: Es la integración de la evidencia, razonamientos y conclusiones recolectados durante la identificación de peligro, evaluación de dosis-respuesta y la evaluación de exposición; el cálculo de la probabilidad, incluyendo las incertidumbres de ocurrencia y

efectos adversos cuando se administra, toma o absorbe un agente en un organismo o población. Es el último paso de la evaluación de riesgo. (EEA, 2005).

Caracterización de sitios contaminados: Es la determinación cualitativa y cuantitativa de los contaminantes químicos o biológicos presentes, provenientes de materiales o residuos peligrosos, para estimar la magnitud y tipo de riesgos que conlleva dicha contaminación (LGPGIR).

Carcinógeno(a): Cualquier sustancia que pueda causar cáncer.

Componente ecológico: Cualquier parte del sistema ecológico incluyendo individuos, poblaciones, comunidades, sus interacciones, relaciones y al mismo ecosistema.

Compuestos esenciales: Término que se emplea para aquellos compuestos, como los metales pesados, que cumplen con funciones esenciales para los organismos pero que a altos niveles de concentración pueden ser tóxicos. Ejemplo de metales con función biológica conocida son: cromo, cobre, hierro, molibdeno, selenio y zinc. Término relacionado: Compuestos con función biológica conocida.

Comunidad: Grupo de poblaciones de diferentes especies que interactúan entre sí y que habitan en una misma área (Smith and Smith, 2001).

Concentración: La relación de una sustancia disuelta o contenida en una cantidad dada de otra sustancia.

Concentración de fondo total: Masa del elemento químico regulado por unidad de masa del suelo en estudio, expresada en términos del Sistema General de Unidades de Medida, que se encuentra en un suelo de manera natural (NOM 147).

Concentración total: Masa del elemento químico regulado por unidad de masa del suelo en estudio, expresada en términos del Sistema General de Unidades de Medida, extraído del suelo por digestión ácida o alcalina (NOM 147).

Confinamiento controlado: obra de ingeniería para la disposición final de residuos peligrosos (Regl. LGPGIR).

Confinamiento en formaciones geológicamente estables: obra de ingeniería para la disposición final en estructuras naturales o artificiales, impermeables, incluyendo a los domos salinos que garanticen el aislamiento ambientalmente seguro de los residuos peligrosos (Regl. LGPGIR).

Contaminación: La presencia en el ambiente de uno o más contaminantes o de cualquier combinación de ellos que cause desequilibrio ecológico (LGEEPA).

Contaminante: Toda materia o energía en cualesquiera de sus estados físicos y formas, que al incorporarse o actuar en la atmósfera, agua, suelo, flora, fauna o cualquier elemento natural, altere o modifique su composición y condición natural (LGEEPA).

Contaminante crítico: Contaminante elegido por su toxicidad y peligrosidad para realizar la caracterización del riesgo.

Definición y formulación del problema: Proceso para generar y evaluar la hipótesis preliminar acerca del porque de los efectos a la(s) población(s), los recursos naturales y/o ecosistemas ocurridos o que pudieran ocurrir a causa de la contaminación del sitio. Provee el fundamento para el estudio de evaluación de riesgo ambiental y donde se elabora el escenario inicial de trabajo, el plan de caracterización, muestreo y que incluyen los objetivos y alcances del estudio.

Degradación: Proceso de descomposición de la materia, por medios físicos, químicos o biológicos.

Disposición final: Acción de depositar o confinar permanentemente residuos en sitios e instalaciones cuyas características permitan prevenir su liberación al ambiente y las consecuentes afectaciones a la salud de la población y a los ecosistemas y sus elementos (LGPGIR).

Dérmico(a): Relativo a la piel. La absorción dérmica significa absorción de algún elemento a través de la piel.

Dosis: Cantidad de una sustancia disponible que interactúa con el proceso metabólico o biológico de los receptores una vez que ha cruzado las barreras externas del organismo. (IRIS, 2002).

Dosis suministrada: Cantidad o concentración del agente químico o físico que está presente en la superficie de contacto durante un período especificado y que se expresa por unidad de masa corporal del individuo expuesto.

Dosis de exposición (DE): Cantidad de sustancia a la que se expone el organismo y el tiempo durante el que estuvo expuesto. La dosis de exposición determina el tipo y magnitud de la respuesta biológica.

Dosis de referencia (DdR): Es el índice de toxicidad que más se utiliza en la evaluación de riesgos por exposición a sustancias no-cancerígenas. Es el nivel de exposición diaria que no produce un riesgo apreciable de daño en poblaciones humanas, incluyendo las subpoblaciones sensibles.

Ecosistema: La unidad funcional básica de interacción de los organismos vivos entre sí y de éstos con el ambiente, en un espacio y tiempo determinados (LGEEPA).

Ecosistema valiosos: reservas de la biosfera, parques naturales, áreas de protección de recursos naturales, áreas de protección de flora y/o fauna, monumentos naturales, santuarios, ambientes acuáticos con zonas de relevancia ecológica no protegidas como las zonas lagunares-estuarinas y donde se han identificado ecosistemas y/o especies de alto valor ambiental o protegidas por la NOM-059-SEMARNAT-2001. Son de tomarse en consideración los criterios del artículo 37 del reglamento de la ley general del equilibrio ecológico y la protección al ambiente en materia de áreas naturales protegidas.

Efectos: Consecuencia por virtud de una causa.

Efecto adverso o daño: Cambio en la morfología, fisiología, crecimiento, desarrollo, o reproducción de un organismo, población, comunidad o ecosistema que resulta en el deterioro de la capacidad funcional y deterioro en la capacidad de compensar los efectos de factores de estrés adicionales. Es una función de la dosis de exposición y, de las condiciones de exposición

(vía de ingreso, duración y frecuencia de las exposiciones, tasa de contacto con el medio contaminado, entre otros).

Efecto tóxico o respuesta tóxica: Cualquier desviación del funcionamiento normal del organismo que ha sido producida por la exposición a sustancias tóxicas. Sólo se consideran como desviaciones significativas los cambios irreversibles o los cambios que permanecen por un período prolongado después de que la exposición ha cesado. El tipo de efecto tóxico que produce una sustancia sirve para hacer una clasificación general de los tóxicos en: (1) cancerígenos; (2) no-cancerígenos; y (3) tóxicos para el desarrollo.

Elemento natural: Los elementos físicos, químicos y biológicos, que se presentan en un tiempo y espacio determinado sin la inducción del hombre.

Endócrino: Perteneciente a hormonas o glándulas que secretan hormonas directamente en el torrente sanguíneo.

Escenario de exposición: Conjunto de suposiciones que describen cómo ocurren las exposiciones, incluyendo las características del agente estresante.

Estocástico: Relativo al incremento de la oportunidad de ocurrencia de un evento, y por lo tanto involucra la probabilidad y al cumplimiento de las leyes de la probabilidad. El término estocástico indica que la ocurrencia de los efectos deberían ser azarosos (Van Leeuwen y Hermens, 1995).

Escenario inicial de trabajo: Descripción del sitio, la contaminación, los medios físicos afectados y los mecanismos de transporte involucrados, los puntos de exposición, las poblaciones afectadas y los recursos naturales y/o ecosistemas afectados con base en los resultados del estudio de caracterización del sitio e informaciones históricas.

Especie crítica: Especie con interés ecológico o económico, o que es clasificada con algún estatus de protección por la legislación mexicana y por lo tanto se requiere conocer su vulnerabilidad a los efectos de un contaminante y es elegida para realizar el estudio de riesgo ambiental. Término relacionado: especie de interés especial o organismo blanco.

Especie receptora: Especie crítica que recibe o está en contacto con los contaminantes.

Especies y poblaciones en riesgo: Aquellas identificadas por la Secretaría como probablemente extintas en el medio silvestre, en peligro de extinción, amenazadas o sujetas a protección especial, con arreglo a esta Ley (LGVS).

Evaluación de efectos: Análisis e inferencia de las posibles consecuencias en un organismo blanco específico, población o ecosistema, por la exposición a un factor en particular y basado en el conocimiento de la relación causa-efecto.

Evaluación de exposición: Medición o estimación de la dosis o concentración de exposición incluyendo la calificación de las incertidumbres.

Evaluación de la toxicidad: Selección de los valores adecuados de los parámetros que miden la peligrosidad de las sustancias tóxicas presentes en el sitio, acompañados por la calificación de la calidad de esa información. El parámetro que se usa en evaluación de riesgos es el índice de toxicidad.

Evaluación del Riesgo Ambiental: Proceso metodológico para determinar la probabilidad o posibilidad de que se produzcan efectos adversos, como consecuencia de la exposición de los seres vivos a las sustancias contenidas en los residuos peligrosos o agentes infecciosos que los forman (LGPGIR).

Exposición: co-ocurrencia del contacto entre el agente estresante y el componente ecológico.

Factor de incertidumbre: Factor aplicado a una concentración de exposición o a una concentración o dosis de efecto para corregirlo por una fuente de incertidumbre identificada (Van Leeuwen y Hermens, 1995).

Fuente de contaminación: Punto o área de contaminación y dispersión de materiales peligrosos y residuos peligrosos al ambiente, fuente que emite contaminantes al medio ambiente en un sitio contaminado.

Fuente no específica: Actividades que generan una contaminación difusa (no puntual) de materiales peligrosos o residuos peligrosos al medio ambiente y que pueden aplicarse a diferentes actividades o procesos.

Gestión Integral de Residuos: Conjunto articulado e interrelacionado de acciones normativas, operativas, financieras, de planeación, administrativas, sociales, educativas, de monitoreo, supervisión y evaluación, para el manejo de residuos, desde su generación hasta la disposición final, a fin de lograr beneficios ambientales, la optimización económica de su manejo y su aceptación social, respondiendo a las necesidades y circunstancias de cada localidad o región (LGPGIR).

Hábitat: El sitio específico en un medio ambiente físico, ocupado por un organismo, por una población, por una especie o por comunidades de especies en un tiempo determinado. (LGVS)

Nota aclaratoria: Espacio que reúne las condiciones adecuadas para que habite una población o especie (animal, planta, bacteria).

Incertidumbre: Conocimiento imperfecto relacionado con el estado presente y futuro de un sistema en consideración. Componente del riesgo que resulta de un conocimiento imperfecto del grado de peligrosidad o de su patrón de expresión especial o temporal (Van Leeuwen y Hermens, 1995).

Índice de peligro: Es la relación entre la concentración de exposición y un valor de referencia (CEPIS, 1998). Ver Anexo 1 y 2 Numerales 4.1 y 4.2

Infiltración: Penetración de un líquido a través de los poros o intersticios de un suelo, cualquier material poroso natural o sintético.

Ingestión: Tragar (como cuando se come o se bebe). Las sustancias químicas pueden ser ingeridas en el alimento, la bebida, utensilios, manos, suelo). Luego de la ingestión, las sustancias químicas pueden ser absorbidas en la sangre y distribuidas en todas partes del cuerpo.

Inhalación: Respiración. La exposición puede ocurrir por inhalación de los contaminantes, porque éstos se pueden depositar en los pulmones, transportarse en la sangre o ambos.

Límite máximo de exposición: Cuando la exposición aunque puede representar un riesgo para la población, es todavía socialmente aceptable.

Instalaciones: aquellas en donde se desarrolla el proceso generador de residuos peligrosos o donde se realizan las actividades de manejo de este tipo de residuos. Esta definición incluye a los predios que pertenecen al generador de residuos peligrosos o aquellos sobre los cuales tiene una posesión derivada y que tengan relación directa con su actividad (Regl. LGPGIR).

Liberación de residuos peligrosos: acción de descargar, inyectar, inocular, depositar, derramar, emitir, vaciar, arrojar, colocar, rociar, abandonar, escurrir, gotear, escapar, enterrar, tirar o verter residuos peligrosos en los elementos naturales (Regl. LGPGIR).

Límite de tolerancia: Concentración de exposición o dosis de exposición de un contaminante debajo del cual se espera que no se exista efecto (Van Leeuwen y Hermens, 1995). Término relacionado: umbral

Lixiviado: Líquido que se forma por la reacción, arrastre o filtrado de los materiales que constituyen los residuos y que contiene en forma disuelta o en suspensión, sustancias que pueden infiltrarse en los suelos o escurrirse fuera de los sitios en los que se depositan los residuos y que puede dar lugar a la contaminación del suelo y de cuerpos de agua, provocando su deterioro y representar un riesgo potencial a la salud humana y de los demás organismos vivos (LGPGIR).

Material peligroso: Elementos, sustancias, compuestos, residuos o mezclas de ellos que, independientemente de su estado físico, represente un riesgo para el ambiente, la salud o los recursos naturales, por sus características corrosivas, reactivas, explosivas, tóxicas, inflamables o biológico-infecciosas (LGEEPA).

Matriz ambiental: Elemento de un ecosistema en donde pueda estar incidiendo un contaminante después de su emisión. Puede ser el agua (de un río, laguna, estero o mar), el sedimento, el suelo o el aire.

Marcador biológico: Parámetro que se puede usar para identificar un efecto tóxico en un organismo y también en la extrapolación entre especies o como un indicador que señala un evento o condición en un sistema biológico o muestra y proporciona una medida de la exposición, efecto o sensibilidad. Sinónimo de Biomarcador.

Mecanismo de acción tóxica: Proceso por el cual el efecto de un tóxico es inducido. Por ejemplo: narcosis aguda, inhibición de la enzima acetil colinesterasa (Suter, *et al.*, 2000).

Mecanismo de liberación: Proceso físico, químico o biológico mediante el cual se hacen disponibles los contaminantes que se encuentran en un medio ambiental o compartimiento, como por ejemplo la fase sólida del suelo.

Mecanismo de transporte: Proceso físico mediante el cual los contaminantes migran hacia un medio ambiente y de él hacia otro medio.

Medidas para reducir la exposición: Acciones de remediación en las cuales no se produce una eliminación de los contaminantes del sitio, solamente se interrumpen a través de obras de ingeniería las rutas y vías de exposición. Ejemplos de dichas medidas son: construcción de coberturas superficiales de apilamiento de residuos, canales, diques de contención, cercas, confinamientos y rellenos controlados.

Medidas institucionales para reducir la exposición: Acciones de carácter administrativo con respecto al uso presente y futuro del sitio y sus alrededores, que contribuyen a reducir la exposición a contaminantes y que se deben realizar a partir de una indicación por parte de la autoridad competente, ejemplos de dichas medidas son: restricciones de uso de suelo, restricciones de acceso al sitio, restricciones de desarrollo urbano.

Medios ambientales: Cualquier elemento natural (suelo, el agua, el aire, las plantas, los animales o cualquier otra parte del medio ambiente) que participa en los flujos de materia y energía en el sistema y que puede contener contaminantes. También referidos como compartimientos.

Modelo conceptual: Herramienta que representa esquemática o descriptivamente un evento de contaminación en un sistema ambiental. Es utilizado para determinar los procesos físicos, químicos y biológicos que dan lugar al transporte de contaminantes desde la fuente hacia los medios ambientales y de ahí a los potenciales receptores del sistema, así como para determinar el grado de contaminación de un sitio.

Modelo determinístico: Modelo matemático donde todo es especificado y donde no se incluye un componente estocástico (Van Leeuwen y Hermens, 1995).

Monitoreo ambiental: Conjunto de acciones para la verificación periódica del grado de cumplimiento de los requerimientos establecidos para evitar la contaminación del ambiente.

Morbilidad: Enfermedad. La tasa de morbilidad es el número de enfermedades o casos de enfermedad en una población.

Muestreo biológico o dosimetría interna: Determinación cuantitativa de la concentración del tóxico o sus metabolitos en uno o más medios corporales del organismo expuesto. Se usa para estimar la exposición que experimentan cada uno de los tejidos del cuerpo, con el fin de estimar la magnitud de la exposición ambiental y para demostrar que existió una exposición efectiva. El simple hecho de que el tóxico se encuentre dentro del organismo es la prueba de que existió la exposición.

Nivel de referencia: Concentración o dosis de un químico que esta en el umbral de toxicidad o de contaminación significativa (Suter *et al.*, 2000).

Organismo: Individuo; en el caso de organismos multicelulares se refiere a individuos formados por un sistema de órganos.

Organismo blanco: Especie crítica con valor económico o ecológico que se elige para su estudio. *Nota aclaratoria:* Se refiere a una especie crítica elegida para estudio.

Organismos y/o poblaciones no humanas: En evaluación integral de riesgos se refiere a todos los seres vivos, sean plantas, animales superiores o microorganismos. Estos son denominados biota en las ciencias biológicas.

Peligro: Capacidad inherente de un (o varios) agente (s) de estrés de causar efecto(s) adverso(s) cuando el hombre, sistemas o poblaciones están expuestos a él.

Población potencialmente expuesta: Grupos de individuos de la misma especie situados en el mismo tiempo y espacio en la proximidad o dentro de un sitio contaminado, que pueden

entrar en contacto con sustancias o compuestos de origen antropogénico presentes en el medio ambiente, susceptibles de ocasionar efectos adversos en la salud.

Pasivo Ambiental: Se considera a aquellos sitios contaminados por la liberación de materiales o residuos peligrosos, que no fueron remediados oportunamente para impedir la dispersión de contaminantes, pero que implican una obligación de remediación. En esta definición se incluye la contaminación generada por una emergencia que tenga efectos a largo plazo sobre el medio ambiente.

Perfil toxicológico: Conjunto de informaciones toxicológicas de una sustancia a partir de estudios de laboratorio o campo por medio de los cuales se generaron los parámetros de toxicidad característicos de dicha sustancia.

Plano: Representación gráfica técnica de un sitio contaminado, puede darse como un dibujo técnico, en especial en el nivel local, donde se presenten los detalles requeridos en la evaluación de riesgo ambiental tales como linderos, calles, instalaciones, drenajes, edificaciones. En el nivel regional puede ser un plano o una fotografía aérea con suficiente resolución que permita identificar la información requerida y que haya sido geo-referenciada con coordenadas UTM, en ningún caso podrán ser utilizadas fotografías aéreas o satelitales que no permitan distinguir claramente los elementos requeridos en esta guía.

Población: Grupo de organismos de la misma especie que viven en un área definida y en un tiempo concreto (Smith y Smith, 2001).

Población: El conjunto de individuos de una especie silvestre que comparten el mismo hábitat. Se considera la unidad básica de manejo de las especies silvestres en vida libre (LGVS).

Población receptora: Poblaciones (humanas o biota) que están expuestas a los contaminantes, la población receptora es entonces la población expuesta.

Puntos de exposición: Son los sitios en donde sucede el contacto de los organismos con los contaminantes.

Receptor: Organismo, población o comunidad que esta expuesta a contaminantes (Suter, 2000).

Relevancia ecológica: Respuestas que reflejan características importantes de altos niveles de organización biológica (por ejemplo poblaciones, comunidades, ecosistemas). Término que se emplea para respuestas que sugieren el estado (en estructura y función) de poblaciones, comunidades y ecosistemas.

Relación causa-efecto: Relación entre la cantidad de un agente administrado, incorporado o adsorbido por un organismo, población o ecosistema y el cambio desarrollado en tal organismo, población o ecosistema a causa del agente. Términos relacionado: relación dosis-efecto, relación dosis-respuesta, relación concentración-efecto, evaluación de efecto.

Recolección: Acción de recoger residuos para transportarlos o trasladarlos a otras áreas o instalaciones para su manejo integral (Regl. LGPGIR).

Recursos biológicos: Los recursos genéticos, los organismos o partes de ellos, las poblaciones, o cualquier otro componente biótico de los ecosistemas con valor o utilidad real o potencial para el ser humano (LGGEPA).

Recurso natural: El elemento natural susceptible de ser aprovechado en beneficio del hombre (LGEEPA).

Respuestas con relevancia ecológica respuestas que indican el estado que guardan poblaciones, comunidades y ecosistemas en cuanto a su estructura y su función.

Remediación: Conjunto de medidas a las que se someten los sitios contaminados para eliminar o reducir los contaminantes hasta un nivel seguro para la salud y el ambiente o prevenir su dispersión en el ambiente sin modificarlos, de conformidad con lo que se establece en esta Ley. (LGPGIR).

Residuo: Material o producto cuyo propietario o poseedor desecha y que se encuentra en estado sólido o semisólido, o es un líquido o gas contenido en recipientes o depósitos, y que puede ser susceptible de ser valorizado o requiere sujetarse a tratamiento o disposición final conforme a lo dispuesto en esta Ley y demás ordenamientos que de ella deriven.

Residuos peligrosos: Todos aquellos residuos, en cualquier estado físico, que por sus características corrosivas, reactivas, explosivas, tóxicas, inflamables o biológico-infecciosas representan un peligro para el equilibrio ecológico o el ambiente (LGEEPA).

Residuo peligroso estabilizado: Aquellos residuos que siendo clasificados como peligrosos, se encuentran estabilizados después de aplicarles un tratamiento biológico, térmico, físico y/o químico antes de ser confinados.

Riesgo: Probabilidad o posibilidad de que el manejo, la liberación al ambiente y la exposición a un material o residuo, ocasionen efectos adversos en la salud humana, en los demás organismos vivos, en el agua, aire, suelo, en los ecosistemas, o en los bienes y propiedades pertenecientes a los particulares (LGPGIR).

Ruta de exposición: Trayectoria que sigue un tóxico desde la fuente de emisión hasta el contacto con las poblaciones previamente seleccionadas como potencialmente expuestas, incluyendo la vía de ingreso del tóxico a los organismos expuestos. (Fuente de contaminación, medio ambiente y mecanismos de transporte, punto de exposición, vía de exposición y presencia de la población receptora). Esta definición incluye la definición de la NOM 147-SEMARNAT-2005

Ruta de exposición: Transporte eólico o hídrico que sigue el contaminante desde la fuente de contaminación hasta el organismo receptor.

Ruta de exposición completa: Cuando la ruta de exposición cuenta con todos sus elementos.
Nota aclaratoria: Las rutas de exposición completas pueden ser actuales (presente) o futuras. Una ruta presente es aquella que al momento de realizar el estudio de evaluación de riesgo ambiental y existe como tal para el uso actual del predio. Una ruta de exposición futura es aquella dependiendo del uso o destino que se le vaya a dar al sitio después de la remediación. Estos usos propuestos por los responsables del sitio contaminado con base en el programa de remediación deben estar de acuerdo con los planes de ordenamiento urbano, municipal o regional que existan o en caso de no existir estos ser propuestos por responsable de la contaminación.

Ruta de exposición incompleta: Cuando falta(n) algún(os) elemento(s) de la ruta de exposición y que después de un cambio de las condiciones de un sitio contaminado pueden darse.

Sitio contaminado: Lugar, espacio, suelo, cuerpo de agua, instalación o cualquier combinación de éstos que ha sido contaminado con materiales o residuos que, por sus cantidades y características, pueden representar un riesgo para la salud humana, a los organismos vivos y el aprovechamiento de los bienes o propiedades de las personas (LGPGIR).

Sub-organismo: Término que hace referencia a niveles de organización biológica por debajo del nivel de organismo. Por ejemplo, bioquímico, molecular.

Supra-organismo: Término que hace referencia a niveles de organización biológica por arriba del nivel de organismo. Por ejemplo, población comunidades.

Surrogado: Un organismo o población de prueba que son cultivados en condiciones de laboratorio y que sirven como sustitutos de organismos, poblaciones o comunidades locales en pruebas de toxicidad (Van Leeuwen y Hermens, 1995).

Toxicidad.- La propiedad de una sustancia o mezcla de sustancias de provocar efectos adversos en la salud o en los ecosistemas (NOM 052-SEMARNAT-2005).

Toxicidad ambiental.- La característica de una sustancia o mezcla de sustancias que ocasiona un desequilibrio ecológico (NOM 052-SEMARNAT-2005).

Toxicidad aguda.- El grado en el cual una sustancia o mezcla de sustancias puede provocar, en un corto periodo de tiempo o en una sola exposición, daños o la muerte de un organismo. (NOM 052-SEMARNAT-2005). *Nota aclaratoria:* Tiempo corto respecto al tiempo generacional de los organismos (Van Leeuwen y Hermens, 1995).

Toxicidad crónica.- Es la propiedad de una sustancia o mezcla de sustancias de causar efectos dañinos a largo plazo en los organismos, generalmente a partir de exposiciones continuas o repetidas y que son capaces de producir efectos cancerígenos, teratogénicos o mutagénicos (NOM 052-SEMARNAT-2005).

Toxicidad subletal: Capacidad de un agente de causar efectos a concentraciones por debajo de las que causan la muerte (concentraciones letales). Los efectos pueden ser a nivel conductual, bioquímico, fisiológico o histológico (Van Leeuwen y Hermens, 1995).

Toxicocinética: Proceso que incluye la incorporación de compuestos tóxicos al cuerpo del organismo receptor, la biotransformación, la distribución de él y de sus metabolitos en el tejido y su eliminación (del tóxico inicial y de los metabolitos) del cuerpo del organismo receptor (Van Leeuwen y Hermens, 1995).

Toxicodinámica: Proceso de interacción de compuestos tóxicos con sitios blancos (se refiere a sitios para comparación) y las consecuencias bioquímicas y fisiológicas que causan un efecto adverso (Van Leeuwen y Hermens, 1995).

Tratamiento: Procedimientos físicos, químicos, biológicos o térmicos, mediante los cuales se cambian las características de los residuos y se reduce su volumen o peligrosidad (LGPGIR).

UTM: La Proyección Transversal Universal de Mercator, sistema utilizado para convertir coordenadas geográficas esféricas en coordenadas cartesianas planas (Regl. LGPGIR).

Umbral: Concentración o dosis de exposición debajo del cual no es probable que ocurra un efecto (Van Leeuwen y Hermens, 1995).

Umbral fisiológico: Sinónimo de límites de tolerancia.

Vía de exposición: Proceso por el cual el contaminante entra en contacto directo con el cuerpo, tejidos o barreras de intercambio del organismo receptor, por ejemplo, ingestión, inhalación y absorción dérmica.

Vida silvestre: Los organismos que subsisten sujetos a los procesos de evolución natural y que se desarrollan libremente en su hábitat, incluyendo sus poblaciones menores e individuos que se encuentran bajo el control del hombre, así como los ferales (LGVS).

Xenobiótico: Compuesto químico elaborado por el hombre o material no producido por la naturaleza y no considerado de manera normal como un componente de un sistema biológico (Van Leeuwen y Hermens, 1995).

Vocación natural: Condiciones que presenta un ecosistema para sostener una o varias actividades sin que se produzcan desequilibrios ecológicos (LGEEPA).

Vulnerabilidad: Conjunto de condiciones que limitan la capacidad de defensa o de amortiguamiento ante una situación de amenaza y confieren a las poblaciones humanas, ecosistemas y bienes, un alto grado de susceptibilidad a los efectos adversos que puede ocasionar el manejo de los materiales o residuos, que por sus volúmenes y características intrínsecas, sean capaces de provocar daños al ambiente (LGPGIR).

