



FACULTAD DE INGENIERÍA UNAM
DIVISIÓN DE EDUCACIÓN CONTINUA

CURSOS INSTITUCIONALES

PROTECCIÓN CONTRA RIESGOS SANITARIOS



APUNTES GENERALES

CI - 058

Instructora: Mtra. Doraida Rodríguez Sordia

COFEPRI S

MAYO DE 2006

Palacio de Minería, Calle de Tacuba No. 5, Primer piso, Delegación Cuauhtémoc, CP 06000, Centro Histórico, México D.F.,
APDO Postal M-2285 • Tels: 5521.4021 al 24, 5623.2910 y 5623 2971 • Fax: 5510.0573



FACULTAD DE INGENIERÍA UNAM
DIVISIÓN DE EDUCACIÓN CONTINUA

CURSOS INSTITUCIONALES

PROTECCIÓN CONTRA RIESGOS SANITARIOS

Del 09 al 12 de Mayo de 2006

APUNTES GENERALES

CI - 058

Instructora: Mtra. Doraida Rodríguez Sordia

C O F E P R I S

MAYO DE 2006

PROTECCIÓN CONTRA RIESGOS SANITARIOS

OBJETIVO:

Al término del curso, el participante conocerá y tendrá una mejor visión ambiental del país, concientizándose sobre los riesgos latentes que existen en él, así como los pasos dentro de un análisis de los riesgos sanitarios.

DURACIÓN: 16 Horas

CONTENIDO TEMÁTICO:

1. Introducción.
2. Visión ambiental.
3. Daño.
4. Peligro.
5. Riesgo.
6. Prevención.
7. Minimización.
8. Definiciones.
9. Sistema complejo.
10. Pasos del análisis de riesgo.
11. Evaluación del riesgo.
12. Determinación del riesgo.
13. Consideraciones ambientales.
14. Evaluación de riesgos a la salud.
15. Identificación del riesgo.
16. Evaluación de la exposición.
17. Caracterización del peligro.
18. Evaluación de riesgos laborales.
19. Introducción.
20. Tipos de evaluaciones.
21. Niveles de riesgo.
22. Evaluación de riesgos ambientales.
23. Definiciones.
24. Prevención.
25. Metodologías de estudios de riesgo.

INTRODUCCIÓN

Desde el inicio de la industrialización, la disposición inadecuada de residuos ha dado como resultado la contaminación del ambiente y la afectación de la salud humana.

Las fuentes de residuos peligrosos por lo general se concentran en zonas bien definidas como las ciudades, las áreas industriales o ciertas regiones de un país, donde la posibilidad de exposición directa o indirecta es más alta.

Los sitios donde se disponen desechos peligrosos revisten interés para la salud ambiental y pública por la necesidad de mitigar o prevenir efectos perjudiciales no sólo a las personas que laboran en éstos, sino también a las que viven en las cercanías, ya que diversos componentes de estos residuos pueden incorporarse al aire, agua, suelo o la cadena alimentaria. Este tipo de exposición indirecta a los desechos peligrosos puede ser continua, por lo que resulta posible que se generen efectos crónicos en la salud de las personas.

Se ha demostrado que los principales efectos adversos sobre la salud asociados a la exposición a residuos peligrosos son los siguientes: lesiones de parénquimas diversos, carcinogénesis, mutagénesis, teratogénesis, así como efectos inmunológicos, hematológicos y neurológicos.

En el informe de la Organización Mundial de la Salud presentado en la Conferencia de las Naciones Unidas sobre Medio Ambiente y el Desarrollo celebrada en junio de 1992 en Río de Janeiro se planteó la necesidad de someter a revisión el transporte y la disposición de residuos peligrosos en el marco de las condiciones locales (por ejemplo, climáticas) con el fin de establecer estrategias que tiendan a reducir la exposición humana.

En el plano internacional se ha reconocido la importancia de la evaluación de riesgos. Para el control de los residuos peligrosos, fundamentalmente los tóxicos, y se han desarrollado diversas metodologías con ese fin, cuyo centro de análisis ha sido en algunas el compuesto y en otras el sitio donde se encuentran los contaminantes.

El proceso que se conoce como evaluación de riesgos ambientales para la salud ha sido objeto de mucha discusión y reflexión, sin que hasta el momento se haya llegado a un acuerdo en cuanto a su estructura y aplicación. Su contenido básico abarca la evaluación sistemática de los datos y de la información disponible sobre la identificación de los factores de riesgo para la salud presentes en una situación concreta y que tienen relación con las condiciones del ambiente, de la población, de los agentes y de las interacciones entre ellos, así como la estimación de los efectos adversos para la salud que pudieran ocasionarse en una población a corto, mediano y largo plazo, asociados a dicha situación de contaminación ambiental. Para el desarrollo de la metodología de estudio de riesgo que presentaremos en este curso se adoptó como referencia la elaborada por la Agencia de Sustancias Tóxicas y Registro de Enfermedades de los Estados Unidos de América.

La evaluación de riesgos, es la evaluación de datos e información sobre la emisión de sustancias peligrosas al ambiente, fundamentalmente tóxicas, con los siguientes fines:

- Evaluar las implicaciones para la salud pública de la exposición a desechos peligrosos
- Emitir recomendaciones que incluyan estudios ambientales o de salud posteriores (si se encuentra que es necesario)
- Identificar a las poblaciones donde son necesarias acciones para mitigar o prevenir efectos adversos sobre la salud

La evaluación de riesgos tiene tres fuentes fundamentales de información:

- Caracterización ambiental
- Preocupaciones de la comunidad por su salud
- Datos de efectos sobre la salud

Los estudios previos que deben realizarse para llegar a una evaluación de riesgos constan de seis pasos básicos:

1. Evaluación de los antecedentes del sitio
2. Identificación de las preocupaciones de la comunidad por su salud
3. Selección de los contaminantes de interés asociados al sitio
4. Identificación y evaluación de las rutas de exposición
5. Determinación de las implicaciones del sitio para la salud pública
6. Elaboración de conclusiones y recomendaciones relativas a los peligros para la salud asociados al sitio

El reporte de una evaluación de riesgos no es un documento estático, sino que pueden existir una serie de reportes en el tiempo, que reflejan el proceso iterativo y dinámico de la recolección y evaluación de la nueva información concerniente al sitio en cuestión.

DEFINICIONES BÁSICAS

1. DAÑO AMBIENTAL

Toda pérdida, disminución, detrimento o menoscabo significativo inferido al ambiente o a uno o más de sus componentes. (Ley Ambiental del Distrito Federal).

A LA SALUD:

Es el indicador negativo de cómo se objetiviza el nivel de salud de la población. Se refleja a través de las tasas de morbilidad y mortalidad.

2. PELIGRO

Propiedad intrínseca de las sustancias o agentes de tipo corrosiva, reactiva, explosiva, tóxica o infecciosa que, independientemente de su estado físico, si hay exposición de los seres vivos, el ambiente o los recursos naturales se convierte en un riesgo para los mismos.

3. RIESGO

AMBIENTAL:

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

A LA SALUD:

Probabilidad de enfermar o morir en una comunidad. La condición que aumenta esta probabilidad se denomina factor de riesgo.

4. PREVENCIÓN

AL AMBIENTE:

Conjunto de disposiciones y medidas anticipadas para evitar el deterioro del ambiente. (Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente).

La Prevención de la contaminación abarca las numerosas actividades que contribuyen a disminuir la generación de residuos peligrosos. Estas actividades pueden ser estudiadas desde muy diversos ángulos: la minimización o la reducción de residuos, la reducción en el lugar de origen, la desviación de residuos, el reciclaje o la reutilización.

A LA SALUD:

Todas las actividades emprendidas para mantener la salud de un individuo o una comunidad. La prevención se divide en tres niveles: 1) primaria: incluye la promoción, delimitación del daño de la salud y protección específica, 2) secundaria: abarca el diagnóstico temprano y el tratamiento oportuno, y c) rehabilitación o evitar complicaciones. El primer nivel puede erradicar los padecimientos (ej. vacunas); el segundo reducirlos (ej. detección temprana del cáncer de mama y su rápido tratamiento) y el tercero controlarlos (Ej. medicamentos para controlar enfermedades crónicas).

5. MINIMIZACIÓN DE SUSTANCIAS PELIGROSAS

Se refiere a cualquier técnica de gestión que contribuya a la reducción de la masa o peligrosidad de las sustancias con cualquiera de las características que las hacen ser definidas como peligrosas (corrosivas, reactivas, explosivas, tóxicas, inflamables o biológico-infecciosas).

6. 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.

METODOLOGÍA DE ESTUDIO DE RIESGO

El procedimiento para realizar un estudio que permita una evaluación de riesgos consta de 6 etapas básicas, cuyos principales elementos se exponen a continuación:

1. Información sobre el sitio. Es importante tener un conocimiento del sitio donde se encuentran los desechos peligrosos, por lo que debe efectuarse una visita a éste.

2. Preocupaciones de la comunidad con respecto al sitio. Se deben obtener datos sobre este aspecto, en lo referente a:

- Presencia de un contaminante específico en los desechos.
- Existencia de una ruta de exposición a un contaminante.
- Tasa elevada de una enfermedad en el área, la cual la comunidad atribuye a la exposición a los desechos peligrosos.

Los datos se deben obtener antes y durante la visita al sitio, mediante la aplicación de técnicas cualitativas, con la participación de líderes formales, informales y de opinión.

3. Determinación de los contaminantes de interés. Se refiere a los agentes tóxicos específicos del sitio que se seleccionan para la evaluación de riesgos. El procedimiento consta de 2 etapas: identificación de los agentes tóxicos emitidos al ambiente y medición de las concentraciones de éstos en todos los medios ambientales dentro del sitio. Un contaminante se considera de interés cuando su concentración máxima hallada en un medio excede el valor guía ambiental; si no se han establecido valores guía ambientales por falta de investigación al efecto, o si la comunidad tiene preocupación sobre éste.

El término **valor guía ambiental** representa la concentración promedio de un agente tóxico en un medio, al cual los seres humanos pudieran estar expuestos por una vía determinada, sin un incremento inaceptable de riesgo.

4. Identificación y evaluación de rutas de exposición. Esta etapa sólo se desarrolla para los contaminantes de interés. Una ruta de exposición es el proceso por el cual los individuos están expuestos a contaminantes ambientales e incluye los siguientes elementos: **fuentes de contaminación, medio ambiental contaminado, mecanismos de transporte de los contaminantes, puntos de exposición, vía de exposición y población expuesta.** Estos elementos pueden existir en el pasado, presente o futuro. Cuando se pueden identificar los 5 elementos que la componen, la ruta de exposición se considera completa, si uno de éstos falta, pero pudiera estar presente, la ruta se considera potencial.

La identificación de los mecanismos de transporte de los contaminantes constituye uno de los pasos más complejos y se debe considerar la influencia en este proceso de algunas características físico químicas del contaminante (**solubilidad, densidad, presión de**

vapor, constante de la ley de Henry, coeficientes de partición, factor de bioconcentración y las tasas de transformación y biodegradación), así, como de aquellas características específicas del sitio, tales como: precipitaciones, temperatura, velocidad y dirección del viento, características geomorfológicas e hidrogeológicas, localización de corrientes de aguas superficiales, características y cubierta de suelos, obras públicas, así como animales y plantas.

Si se identifican puntos de exposición debe efectuarse un muestreo ambiental en éstos para medir la concentración del contaminante. En todas las mediciones de las concentraciones ambientales de los agentes tóxicos que se realizan en la evaluación de riesgos, se deben contemplar los elementos para garantizar la calidad de los datos generados.⁶

5. Determinación de las implicaciones para la salud pública. Cuando se han identificado rutas de exposición completas a un contaminante, se deberá relacionar el potencial de exposición humana a éste con los efectos adversos sobre la salud que pudieran ocurrir bajo las condiciones específicas en estudio, o los que puedan haber ocurrido en el pasado. Este aspecto se divide en 2 etapas.

La primera etapa es la **evaluación toxicológica**, la cual comprende el cálculo de dosis, la comparación de éstas con los valores guía toxicológicos, la identificación de los efectos adversos sobre la salud (carcinogénicos y no carcinogénicos) relacionados con la exposición, así como la evaluación de los factores biológicos, toxicológicos, demográficos y ambientales que pudieran influir en el impacto de la exposición sobre la salud humana.

Para el cálculo de la exposición (**mg/kg.día**) deben considerarse diversos factores, como: concentración ambiental (máxima o media) del contaminante en el punto de exposición, duración y frecuencia de la exposición, tasa de contacto con el contaminante, peso corporal promedio (niños y adultos) y biodisponibilidad del agente químico.

En el caso de los efectos carcinogénicos, los valores guía representan la dosis a la cual una población está expuesta durante toda la vida desde el nacimiento, y produce un riesgo de cáncer de 1×10^{-6} . Los correspondientes a los efectos no carcinogénicos (subcrónicos y crónicos) se denominan **dosis de referencia** y se establecen de acuerdo con el criterio de la Agencia de Protección Ambiental de los EE.UU.⁽⁶⁾

la segunda etapa se refiere a la evaluación epidemiológica de los datos de efectos adversos sobre la salud en posible relación con la exposición a los contaminantes de interés y a los que constituyen preocupaciones de la comunidad por su salud. Esta última evaluación al nivel ecológico no permite establecer relaciones de causa-efecto, por lo que sólo se considera complementaria a la evaluación toxicológica.

6. Conclusiones y recomendaciones: La primera conclusión es la asignación de una categoría de peligro al sitio, entre las 4 definidas: (A) peligro urgente, (B) peligro, (C) peligro no aparente y (D) sin peligro. Para seleccionar la categoría apropiada, se debe considerar el total de la información disponible para el sitio. Se deben elaborar también conclusiones relativas a información insuficiente y a las preocupaciones de la comunidad por su salud.

Para los sitios clasificados como A, B ó C se elaboran recomendaciones con el fin de: instrumentar acciones para proteger a la salud pública, obtener información adicional sobre las características ambientales del sitio, desarrollar acciones de salud pública (por ejemplo, estudios epidemiológicos y vigilancia de la salud), así como las necesarias para atender las preocupaciones de la comunidad por su salud.

RIESGOS ASOCIADOS AL MERCURIO

(Consenso Científico sobre el Mercurio. Fuente: PNUMA (UNEP) 2002. Resumen & Detalles. GreenFacts (2004)

¿Qué efectos tiene el mercurio sobre la salud de las personas?

¿Cuáles son los efectos potenciales del mercurio sobre la salud?

Metilmercurio

Mercurio elemental

¿Cómo estamos expuestos al mercurio?

¿Qué niveles de mercurio podrían causar daños?

¿Cuán grandes son los riesgos planteados por el mercurio hoy en día?

¿Cuáles son los efectos potenciales del mercurio sobre la salud?

Metilmercurio

Mercurio elemental

"La toxicidad del mercurio depende de su forma química y, por lo tanto, los síntomas y signos varían según se trate de exposición al mercurio elemental, a los compuestos inorgánicos de mercurio, o a los compuestos orgánicos de mercurio (en particular los compuestos de alquimercurio como sales de metilmercurio y etilmercurio, y el dimetilmercurio). Las fuentes de exposición también varían notablemente de una a otra forma de mercurio. En cuanto a los compuestos de alquimercurio, de los cuales el metilmercurio es, con mucho, el más importante, **la fuente de exposición más significativa es la dieta, particularmente la dieta a base de pescados y mariscos.** En el caso del vapor de mercurio elemental, la fuente más importante para la población en general son las amalgamas dentales, pero a veces la exposición en el ambiente de trabajo puede ser muchas veces mayor. En lo que respecta a compuestos inorgánicos de mercurio, **los alimentos constituyen la fuente más importante para la mayoría de la gente.** Sin embargo, para ciertos segmentos de la población, el uso de cremas y jabones a base de mercurio para aclarar la piel, y el uso de mercurio con propósitos culturales/rituales o en medicina tradicional, también puede conducir a la exposición a mercurio inorgánico o elemental.

Aunque es bien sabido que **el mercurio y sus compuestos son sustancias sumamente tóxicas** cuyos efectos potenciales deben ser detenidamente estudiados, el grado de toxicidad de estas sustancias, sobre todo la del metilmercurio, está actualmente en discusión. Las investigaciones de la última década muestran que **los efectos tóxicos pueden generarse a concentraciones más bajas**, y que podrían afectar a más población mundial de lo que se había pensado. Como los mecanismos de ciertos efectos tóxicos sutiles - y la demostración de su existencia- son cuestiones sumamente complejas, todavía no se ha llegado a comprender en su totalidad este problema."

Metilmercurio

"Entre los compuestos orgánicos de mercurio, el **metilmercurio** ocupa un lugar especial porque mucha población está expuesta a él, y su toxicidad está mejor caracterizada que la de otros compuestos orgánicos de mercurio. Se considera que, dentro del grupo de los compuestos orgánicos de mercurio, los compuestos de alquimercurio (en particular, etilmercurio y metilmercurio) son similares en cuanto a toxicidad (además, ambos han sido utilizados como plaguicidas). En cambio, otros compuestos orgánicos de mercurio, como el fenilmercurio, se asemejan más al mercurio inorgánico en lo que respecta a toxicidad.

El metilmercurio es un neurotóxico muy bien documentado, que puede provocar efectos perjudiciales particularmente en el cerebro en formación. Además, este compuesto traspasa con facilidad la barrera placentaria y la barrera hematoencefálica; por eso es muy preocupante la exposición durante el embarazo. Asimismo, algunos estudios indican que incluso un pequeño aumento en la exposición al metilmercurio puede causar **efectos perjudiciales en el sistema cardiovascular y un incremento en la mortalidad**. Considerando la importancia de las enfermedades cardiovasculares en todo el mundo, estos resultados, aunque no estén confirmados, sugieren que las exposiciones al metilmercurio requieren más atención y un seguimiento adicional. Además, basándose en su evaluación general, el Centro Internacional de Investigación sobre el Cáncer (International Agency for Research on Cancer, IARC, 1993) considera que **los compuestos de metilmercurio pueden ser carcinógenos para los seres humanos (grupo 2B)**."

"El metilmercurio puede formarse en el medio ambiente por metabolismo microbico (procesos bióticos), por ejemplo, por efecto de ciertas bacterias, así como por procesos químicos que no implican a organismos vivos (procesos abióticos). Sin embargo, se suele considerar que su formación en la naturaleza se debe sobre todo a procesos bióticos. En la actualidad no se conocen fuentes antropógenas (generadas por seres humanos) directas de metilmercurio, aunque antiguamente las hubo. Sin embargo, y de forma indirecta, las liberaciones antropógenas contribuyen a los niveles de metilmercurio en el medio ambiente por su transformación a partir de otras formas. Un ejemplo de liberación directa de compuestos orgánicos de mercurio es el caso de envenenamiento por metilmercurio en Minamata en los años 1950, cuando se vertieron en esa bahía subproductos orgánicos de mercurio resultado de la producción industrial de acetaldehído. También se conocen casos de envenenamiento en Irak debido a que las semillas de trigo utilizado para preparar pan habían sido tratadas con recubrimiento fitosanitario a base de compuestos inorgánicos de mercurio. Hay, además, investigaciones recientes que demuestran que en los vertederos de desechos urbanos (Lindberg et al., 2001) y las plantas de tratamiento de aguas residuales (Sommar et al, 1999) pueden ocurrir

liberaciones directas de metilmercurio, pero no se puede determinar todavía la importancia general de esta fuente."

Mercurio elemental

"La vía principal de exposición al mercurio elemental es por inhalación de sus vapores. Cerca del 80% de los vapores inhalados es absorbido por los tejidos pulmonares. Este vapor también penetra con facilidad la barrera de sangre del cerebro y su **neurotoxicidad está bien documentada.** La absorción intestinal de mercurio elemental es baja. El mercurio elemental puede oxidarse en los tejidos corporales a la forma divalente inorgánica.

Se han observado **trastornos neurológicos y de comportamiento en seres humanos** tras inhalación de vapor de mercurio elemental. Algunos de los síntomas son: **temblores, labilidad emocional, insomnio, pérdida de la memoria, cambios en el sistema neuromuscular y dolores de cabeza.** Se han observado asimismo **efectos en el riñón y la tiroides.** Las exposiciones altas también han ocasionado **mortalidad.** En cuanto a carcinogenicidad, la evaluación general del IARC (1993) concluye que **el mercurio metálico y los compuestos inorgánicos de mercurio no son clasificables en cuanto a carcinogenicidad para los seres humanos (grupo 3).** Por consiguiente, los efectos neurotóxicos, como la inducción de temblores, podrían constituir el efecto crítico que sirva de base para la evaluación de riesgos. También deberían considerarse **los efectos en riñones** (conducto renal), pues son el punto de destino crítico en lo que a exposición a compuestos inorgánicos de mercurio se refiere. Puede que el efecto sea reversible, pero como la exposición de la población general tiende a ser continua, el efecto puede seguir siendo relevante."

Cómo estamos expuestos al mercurio?

"Como ya se ha mencionado, la población general está expuesta **al metilmercurio principalmente por la dieta (en particular de pescado),** y a los vapores de mercurio elemental por las amalgamas dentales. **Puede haber otras contribuciones considerables a la ingesta de mercurio total vía aire y agua, según la carga local de contaminación por mercurio.** Asimismo, el uso personal de cremas y jabones para aclarar la piel, el uso del mercurio para usos religiosos, culturales y rituales, la presencia de mercurio en algunos medicamentos tradicionales (por ejemplo en algunos remedios tradicionales de Asia) y el mercurio en hogares y lugares de trabajo pueden aumentar sustancialmente la exposición humana. Por ejemplo, ha habido incrementos en los niveles de mercurio en el aire de los hogares por filtraciones de mercurio de medidores de gas viejos, así como otros derrames. Además, se han observado niveles elevados de mercurio en ambientes de trabajo como, por ejemplo, en plantas de cloro-álcali, minas de mercurio, fábricas de termómetros, refinerías y clínicas dentales, así como en la minería y elaboración de oro extraído con mercurio. Otras exposiciones son ocasionadas por el uso de timerosal/tiomersal (tiosalicilato de etilmercurio) como conservador en algunas vacunas y otros productos farmacéuticos. Hoy en día, los impactos del mercurio relacionados con la contaminación local, la exposición en el trabajo, ciertas prácticas culturales y rituales y algunos medicamentos tradicionales pueden variar considerablemente de uno a otro país o región, y son notables en algunas regiones."

¿Qué niveles de mercurio podrían causar daños?

"Para poner en perspectiva el nivel de exposiciones al metilmercurio, la dosis de referencia (DdR) estimada por el Consejo Nacional de Investigación (National Research Council, NRC, 2000) de los Estados Unidos para el efecto perjudicial más comúnmente aceptado como no letal (efectos en el desarrollo neuronal) es de **58 microgramos por litro (g/l) de mercurio total en sangre del cordón umbilical (o de 10 microgramos por gramo (g/g) de mercurio total en el pelo de la madre)**, según datos del estudio de las Islas Faroe sobre exposiciones de seres humanos al mercurio (Grandjean et al, 1997). Este valor de DdR es el límite inferior de confianza, de 95%, para el nivel de exposición que hace que se duplique una prevalencia de 5% en la disfunción neurológica (retrasos en el desarrollo de la atención, memoria verbal y lenguaje) en niños expuestos in-utero según el estudio de las Islas Faroe. Éstos son los niveles en tejidos que se estimaron a partir de una ingesta diaria promedio de aproximadamente 1 g de metilmercurio por kilogramo de peso corporal al día (**1 g/kg de peso corporal por día**)."

"Se han detectado otros efectos perjudiciales en seres humanos, pero con menos fiabilidad o a exposiciones mucho mayores. **En cuanto al metilmercurio, se han observado efectos en el sistema nervioso adulto, enfermedades cardiovasculares, en la incidencia de cáncer y en la genotoxicidad.** Además, se han detectado efectos en la variabilidad del ritmo cardíaco en niños de siete años de edad con exposición prenatal así como en la mortalidad cardiovascular en adultos. En el caso del mercurio elemental y los compuestos inorgánicos de mercurio, se han observado los siguientes efectos: **en la excreción de proteínas de bajo peso molecular, enzimas asociadas con el funcionamiento de la tiroides, en los índices de abortos espontáneos, genotoxicidad, sistema respiratorio, sistema (digestivo) gastrointestinal, hígado, sistema inmunológico y la piel.**"

¿Cuán grandes son los riesgos planteados por el mercurio hoy en día?

Evaluación del riesgo global

Riesgo planteado por el pescado contaminado

Evaluación del riesgo global

Se debe revisar en distintas partes del mundo las exposiciones al mercurio total y al metilmercurio, principalmente por dieta con base de pescado, pero también por otras fuentes, en este estudio se tomaron en cuenta diversos países, como: Suecia, Finlandia, Estados Unidos de Norteamérica, el Ártico, Japón, China, Indonesia, Papua Nueva Guinea, Tailandia, República de Corea, Filipinas, la cuenca del Amazonas y Guyana Francesa. Por ejemplo, en Estados Unidos, en un estudio de un grupo representativo de aproximadamente 1,700 mujeres (de 16 a 49 años), para los años 1999-2000, cerca del 8% de las mujeres tenía concentraciones de mercurio en sangre y pelo que rebasaban los niveles de la **dosis de referencia de la US EPA** (una estimación de dosis inocua). Como se muestra en el capítulo, los datos indican que, por lo regular, en Groenlandia, Japón y otras regiones las exposiciones son más elevadas que en los Estados Unidos.

En algunos de estos países y regiones, las deposiciones locales y regionales de mercurio han incidido durante años en los niveles de contaminación por mercurio, y durante las últimas décadas se han tomado medidas para reducir las emisiones nacionales. Sin embargo, las emisiones de mercurio se propagan a largas distancias, en la atmósfera y

los océanos, lo que significa que incluso países con emisiones mínimas de mercurio y áreas alejadas de la intensa actividad humana pueden verse afectados. Por ejemplo, en las regiones árticas, tan alejadas de las fuentes importantes, se ha observado una exposición elevada al mercurio."

Riesgo planteado por el pescado contaminado

"En muchas partes del mundo, el pescado es un elemento importantísimo de la dieta humana, y proporciona nutrientes (proteínas y ácidos grasos omega-3, entre otros) difícilmente sustituibles. El mercurio representa una amenaza importante para esta alimentación. Ciertamente, en igualdad de demás factores, el pescado con niveles bajos de metilmercurio es intrínsecamente más saludable para los consumidores que el pescado con niveles más altos de metilmercurio.

Hay escasas pruebas de laboratorio que sugieren que algunos componentes dietarios pueden reducir (por ej., Selenio, vitamina E, ácidos grasos omega-3) o incrementar (por ej. alcohol) la toxicidad del mercurio para algunos puntos de destino. Sin embargo, por ahora no se pueden extraer conclusiones de los datos existentes."

"Algunos países y organismos internacionales han presentado datos sobre concentraciones de mercurio en peces. Además, en las publicaciones científicas se mencionan muchas investigaciones sobre niveles de mercurio en peces. El capítulo contiene un resumen de los datos presentados que ofrecen ejemplos de concentraciones de mercurio en peces de diversos lugares del mundo. **Las concentraciones de mercurio en varias especies de peces van de 0.05 a 1.4 miligramos de mercurio por kilogramo de tejido de pez (mg/kg)**, dependiendo de factores como el pH y el potencial redox del agua, así como de la especie, edad y tamaño del pez. **Como el mercurio se biomagnifica en la cadena alimentaria acuática**, los peces que se encuentran más arriba de la cadena alimentaria (en un nivel trófico superior) suelen tener niveles mayores de mercurio. Por eso, los peces depredadores más grandes, como la caballa gigante, lucio, tiburón, sierra, lucio, perca americana, barracuda, atún grande (que hay que distinguirlo del atún pequeño que se utiliza para conserva), pez espada y marlín, así como las focas y ballenas dentadas, contienen las concentraciones más altas. **Los datos existentes indican que el mercurio está presente en todo el mundo (especialmente en peces) en concentraciones perjudiciales para los seres humanos y la flora y fauna silvestres.** Tales niveles han ocasionado que en algunos países se formulen recomendaciones sobre el consumo de pescado y, en algunos casos, de mamíferos marinos, para que la población, sobre todo los subgrupos vulnerables (**como mujeres embarazadas y niños pequeños**) reduzca o evite el consumo de ciertos tipos de pescado provenientes de distintas aguas. No es probable que el consumo moderado de pescado (con niveles bajos de mercurio) ocasione exposiciones de consideración. En cambio, la población que consume grandes cantidades de pescados o mamíferos marinos contaminados puede quedar muy expuesta al mercurio y, por consiguiente, se encuentra en riesgo".

RIESGOS POTENCIALES GENERADOS POR LOS RESIDUOS PELIGROSOS HOSPITALARIOS

(Doraida Socorro Rodríguez Sordía)

La falta de entendimiento de los mecanismos de transmisión de los microorganismos por parte de las instancias reguladoras, de los medios de comunicación y del público, ha sido causa de muchos errores en la evaluación del riesgo. El reducido número de estudios que cuantifican el riesgo de infección por la manipulación de los desechos hospitalarios infecciosos fuera de los establecimientos de atención en salud (consultorios, hospitales, clínicas, consultas médicas y dentales u otros), es limitado para establecer medidas de manejo. Es evidente que la sobrestimación del riesgo puede elevar considerablemente los costos del manejo de los desechos sin beneficios para la población.

No basta que existan microorganismos patógenos en el ambiente para que exista riesgo de infecciones, sino que se requiere una dosis infectante puesta en contacto con la puerta de entrada de un huésped susceptible. Es extremadamente improbable que agentes infecciosos existentes en los desechos se introduzcan en el huésped susceptible por sus sistemas respiratorio, urinario, digestivo o reproductivo; o a través de las mucosas oral, ocular o nasal, si se mantienen las prácticas higiénicas básicas de no ingerirlos o inyectarlos.

Sobre los agentes que pueden transmitirse por la sangre (virus de hepatitis B, virus de hepatitis C y VIH, principalmente), el mecanismo para adquirir la enfermedad requiere que los desechos contengan una cantidad suficiente del agente; que éste se encuentre viable; que un individuo se ponga en contacto con los desechos; que se produzca una lesión percutánea o que ya exista una solución de continuidad de la piel; que una cantidad suficiente del agente viable penetre por esta puerta de entrada; que se desarrolle una infección y que finalmente se produzca la enfermedad. Esta cadena de hechos ha sido claramente documentada en el personal de salud que atiende directamente pacientes si la exposición ocurre inmediatamente o muy cercana al momento en que se ha atendido a los mismos, pero no se ha documentado con posterioridad a este momento. La probabilidad de contagio del VIH por agujas eliminadas en las playas de la ciudad de Nueva York, que tiene alta prevalencia de infección por VIH, ha sido estimada en 1.5×10^{-10} a 3.9×10^{-14} , o sea menor a 1.5 en 10 000 millones de exposiciones.

Los trabajadores más expuestos, por su actividad laboral, a adquirir agentes infecciosos hospitalarios son el personal de salud que trabaja directamente con pacientes o con muestras biológicas, y en este personal sólo se han notificado mayor número de infecciones producto de agentes que pueden transmitirse por la sangre y por tuberculosis.

Se han descrito infecciones por manipulación de cadáveres humanos sólo durante la epidemia por virus Ebola en Africa, asociadas a ciertas prácticas funerarias rituales. No hay antecedentes de transmisión de otras enfermedades infecciosas como consecuencia de esta manipulación.

De acuerdo a la evidencia epidemiológica y microbiológica, existen sólo dos tipos de desechos hospitalarios que requieren medidas especiales de manipulación o tratamiento: los residuos del laboratorio de microbiología y el material cortopunzante.

No se ha notificado hasta la fecha en el material científico consultado, infecciones asociadas al manejo final o tratamiento de desechos infectantes. El relleno sanitario es un

PROTECCIÓN CONTRA RIESGOS SANITARIOS

método seguro y económico para la disposición terminal de estos residuos. Otros métodos, como la incineración, son caros, de difícil acceso y pueden afectar el ambiente por la eliminación de contaminantes atmosféricos y su uso obligatorio debe ser evaluado contra los beneficios reales que se esperan. Otras medidas propuestas, como es la desinfección de los desechos exponiéndolos al calor o a desinfectantes, aumentan la manipulación y, consecuentemente, el riesgo de cortes o pinchazos en los manipuladores, contravienen las medidas de bioseguridad vigentes, tienen potencial de aumentar la contaminación ambiental, aumentan los costos y no tienen beneficios documentados.

La sangre y otros fluidos corporales pueden descartarse, sin riesgo para la población, en la red de alcantarillado. El mayor volumen de sangre que se elimina al medio ambiente proviene de la comunidad y no de los centros hospitalarios. La mayor parte de la sangre que se desecha, tanto en los hospitales como en la comunidad, es estéril. La sangre se diluye rápidamente disminuyendo la concentración de los potenciales agentes virales eliminados por los portadores de estos agentes, así la probabilidad de ponerse en contacto con una dosis infectante es despreciable.

La principal fuente de contaminación microbiana de las aguas servidas se produce en la comunidad, por inadecuada eliminación de deposiciones de los pacientes ambulatorios y de los portadores de microorganismos enteropatógenos, no en los hospitales.

México necesita investigaciones sobre el tema, que permitan basándose en sus resultados aplicar Políticas de Manejo racionales, con un mínimo de riesgo a la salud y al ambiente y con un alto grado de optimización de los recursos disponibles para esta problemática. Se necesitan estudios de generación por clasificación de desechos, así como diagnósticos situacionales del manejo de los residuos sólidos hospitalarios, pues hay mucha incertidumbre y manipulación sobre la temática, al igual que falta de conocimientos científicos generalizados sobre la problemática en todas las áreas de competencia involucradas. Las principales dificultades existentes son:

- En el aspecto normativo-legal sólo se contempla el manejo de los residuos biológico-infecciosos, sin existir total coherencia en los términos manejados. No habiéndose legislado sobre el manejo de los residuos comunes, o peligrosos (físicos o químicos) provenientes de instituciones de salud.
- En el aspecto técnico-operativo, existe escasez de recipientes, contenedores y equipos para la segregación, almacenamiento, recolección transporte y tratamiento de los residuos en gran cantidad de hospitales. Tampoco se conoce por la mayoría de las autoridades de los nosocomios la viabilidad técnico-operativa y económica de las tecnologías de tratamiento más utilizadas a nivel mundial.
- Deficiente capacitación y entrenamiento del personal encargado de la manipulación de los residuos, en aspectos tales como manejo integral de residuos sólidos y líquidos, bioseguridad e infecciones intrahospitalarias, teniendo en cuenta que estas personas pueden poner en riesgo su salud, la de la comunidad y la del ambiente en que se desenvuelven.
- Inadecuada percepción de la ciudadanía sobre los riesgos reales de los desechos biológico-infecciosos al ambiente externo.
- Falta de estudios científicos nacionales sobre el tema, lo que provoca que la normatividad esté basada en criterios y percepciones de autoridades de otros países.

Es muy importante limitar el número y los tipos de desechos médicos que se clasifican como biológico-infecciosos para reducir el impacto económico a los hospitales. Se debe pugnar por una legislación basada en evidencia científica sólida y no en temores irracionales. No existe justificación alguna para utilizar los limitados recursos económicos de los hospitales para tratar basura que no representa amenaza alguna para la salud pública.

El desecho biológico-infeccioso, que forma parte de los desechos hospitalarios, es aquel que es capaz de transmitir una enfermedad infecciosa, y por lo tanto requiere de un manejo y procesamiento especial. Cabe destacar que la presencia por sí sola de un agente infeccioso en el desecho no es suficiente para transmitir una enfermedad infecciosa. Para esto se requiere una combinación de 5 eventos, que se exponen a continuación:

1. Que contengan microorganismos vivos,
2. Que éstos sean virulentos,
3. Que se encuentren en una dosis infectiva,
4. Que encuentren una vía de ingreso al organismo, y
5. Que los organismos expuestos sean susceptibles y carezcan de defensas

I. Conceptos Básicos

¿Por qué utilizamos el riesgo como Unidad de medida?

- Es común a todos los problemas ambientales
- Nos sirve para medir lo que nos interesa: salud y calidad ambiental
- Los riesgos ayudan a diferenciar los problemas ambientales, lo que permite establecer prioridades

Todos los problemas ambientales tienen la posibilidad de causar daño a la salud humana, al ambiente y a la calidad de vida de las sociedades. El concepto de riesgo ambiental ayuda a que las personas puedan discutir sobre problemas ambientales diversos con un lenguaje común. Permite que muchos problemas ambientales puedan medirse y compararse bajo términos comunes, y permite evaluar diferentes opciones de reducción del riesgo a partir de una base común.

1. Definiciones de riesgo

- **Riesgo a la salud:** Posibilidad de lesión, enfermedad o muerte como consecuencia de la exposición humana a un posible factor ambiental peligroso (físico, químico o biológico).
- **Riesgo ambiental:** Probabilidad de que ocurran accidentes mayores que involucren a los materiales peligrosos que se manejan en las actividades altamente riesgosas, que puedan trascender los límites de sus instalaciones y afectar adversamente a la población, los bienes, al ambiente y los ecosistemas. La evaluación de dicho riesgo comprende la determinación de los alcances de los accidentes y la intensidad de los efectos adversos en diferentes radios de afectación.

2. Evaluación de riesgos por microbios

- Los microorganismos patógenos son una de las causas principales de muerte y enfermedad en todo el mundo.
- Una parte significativa de estos riesgos a enfermedad o muerte está asociada en muchos países con la exposición a agua y alimentos contaminados.
- Estos riesgos se pueden prevenir en gran medida con saneamiento apropiado y con la aplicación de tecnologías de control adecuadas.

3. Enfermedad microbiana

- Generalmente se manifiesta en forma aguda y episódica (en contraste con muchos riesgos químicos que pueden ser crónicos por naturaleza).
- Causada por una amplia variedad de microorganismos.

4. Microorganismos de interés ambiental

a) Virus

- Pequeños (0.02-0.3 μm de diámetro)
- Estructura simple (ácido nucleico+ capa proteínica+ envoltura lipofílica)
- Sin actividad biológica fuera del huésped
- Los virus entéricos son los más importantes para la salud ambiental
- Ejemplos: Hepatitis A, agentes Norwalk

b) Bacterias

- 0.5-1.0 μm de diámetro
- Organización interna simple (membrana celular + pared celular)
- Algunas forman esporas altamente persistentes en el ambiente
- Las más importantes son las entéricas y las respiratorias
- Ejemplos: *Salmonella*, *Shigella*, *Vibrio cholerae*

c) Parásitos

- Pueden ser unicelulares o multicelulares
- Amplia variedad de tamaños y formas
- Algunas etapas del ciclo vital (por ejemplo quistes de protozoarios) son muy persistentes en el ambiente
- Ejemplos: *Giardia*, *Cryptosporidium*, diversos helmintos (lombrices)

Cuando se revisa la mayor parte de los accidentes biológicos que ocurren en las instituciones de salud, se observa que los mismos pueden suceder por el inadecuado manejo de desechos. Los más comunes son:

1. Inoculación parenteral de material biológico.
2. Herida con elemento cortante y contacto con material contaminado.

3. Contacto de mucosas o piel lesionadas con material biológico o químico.
4. Inhalación de aerosoles de material biológico o químico.
5. Ingestión de material biológico y/o químico.

Considerando que no hay justificación para considerar que existen más agentes biológico infecciosos en los residuos de un hospital que en los residuos municipales, ni en cantidad ni en variedad, pasaremos a ejemplificar los principales riesgos asociados al manejo de los residuos sólidos hospitalarios y municipales. Debemos recordar que la mayoría de los enfermos portadores de enfermedades transmisibles no se encuentran en los hospitales, sino en sus domicilios, pues cada día la cantidad de enfermos que se tratan ambulatoriamente crece, como es el caso de los enfermos renales que necesitan diálisis, los enfermos de SIDA, de hepatitis "B" y "C", de enfermedades gastrointestinales, de enfermedades respiratorias, etc.

II. Riesgos biológicos asociados a los vectores

En la tabla No. 1 se exponen las enfermedades posibles a aparecer en la población en general, por proliferación de vectores (moscas, mosquitos, roedores y cucarachas), que pueden transmitir directa o indirectamente enfermedades infecciosas a humanos y animales, los cuales encuentran un hábitat adecuado en el deficiente manejo de los residuos sólidos en sus diferentes etapas. Si los residuos de los hospitales, al igual que los de las viviendas, no se encuentran en recipientes con tapa hermética, diferentes vectores transmisores de enfermedades pueden encontrar su alimentación en los mismos, llevándose los microorganismos en su cuerpo donde pueden propagarse o realizar un ciclo de su vida (vectores biológicos) o adheridos a parte de su organismo (vectores mecánicos), y trasladarlos a lugares donde pueden desarrollar la enfermedad de donde provenían. Estos vectores pueden contaminar agua y alimentos que posteriormente pueden ser el vehículo de transmisión de la enfermedad o pueden transmitir la enfermedad de forma directa mediante mordedura o picada. Debemos resaltar que el mayor riesgo está dentro del hospital y en las inmediaciones de éste, por el radio de vuelo o traslado de estos artrópodos y roedores. Existen pocos estudios que asocien brotes de aparición de enfermedades en un hospital con los posibles vectores existentes en el ambiente hospitalario. Debemos considerar en esta carencia de asociación la limpieza y medidas higiénico-sanitarias que deben existir en el ambiente intrahospitalario, que incluyen además la desinsectación periódica de los locales y equipos utilizados en el manejo de los desechos sólidos orgánicos e inorgánicos.

III. Riesgos biológicos asociados a la sobrevivencia de microorganismos patógenos

En la tabla No. 2 se puede observar una caracterización bacteriológica y virológica realizada por la Compañía de Saneamiento Ambiental de Brasil (CETESB) en 1981 en el Municipio de Sao Paulo, donde se evidenció la presencia de microorganismos patógenos en los residuos sólidos. Estos resultados nos indican el riesgo potencial de estos residuos cuando no son manejados adecuadamente en todas sus etapas, tanto en el ámbito intrahospitalario como extrahospitalario. Favorece aún más a este hecho los residuos hospitalarios que contienen cantidades significativas de materia orgánica, la cual se constituyen en un ambiente ecológicamente adecuado para innumerables organismos que

se tornan vehículos y reservorios de molestias, como los roedores, insectos y aves entre otros.

En la tabla No. 3 podemos observar la sobrevivencia en días de algunos microorganismos patógenos en los residuos sólidos municipales, e inferir el alto riesgo que representa la no correcta disposición final de estos desechos para el ambiente, los ecosistemas y el hombre. Esto fue demostrado por K.F. & Klug, en su trabajo de Ecología Microbiana (1974), donde comprobaron que por distintos períodos los microorganismos persisten vivos en los residuos.

Los residuos sólidos hospitalarios aunque en menor volumen y con menos cantidad de microorganismos totales y patógenos que los residuos sólidos municipales, igualmente necesitan de tratamiento y/o métodos de disposición final adecuados. En la tabla No. 4 se puede visualizar según estudios realizados por Kalnowski y colaboradores la proporción de 2.5:1 en microorganismos totales del residuo doméstico al hospitalario, presentándose la cantidad de microorganismos patógenos en el primer residuo en relación con el segundo en proporción 3:1. Los volúmenes de generación en este estudio mantuvieron una relación de 5:1, lo cual no se comporta así en la realidad (actualmente la proporción es mucho mayor), debido a que la cantidad de enfermedades que se atienden ambulatoriamente ha crecido considerablemente.

Debe destacarse que la presión social sobre el manejo de los residuos domésticos en cuanto a percepción por la comunidad de los riesgos que éstos pueden acarrearle es prácticamente nula, mientras que existe gran preocupación sobre todo en los medios de comunicación masiva sobre los altos riesgos que representan los residuos hospitalarios, basados en la manipulación que se ha hecho sobre los mismos para exigir la utilización de la incineración como único tratamiento de los desechos biológico-infecciosos, aunado a la falta de educación ambiental existente en el país. Según la Organización Mundial de la Salud "para procurar la salud de la población debe educarse a las personas en materia de salud ambiental".

PROTECCIÓN CONTRA RIESGOS SANITARIOS

Tabla No. 1

PRINCIPALES EFECTOS NOCIVOS A LA SALUD HUMANA ASOCIADOS A LA PROLIFERACIÓN DE VECTORES

VECTOR	ENFERMEDAD	AGENTE ETIOLÓGICO	TRANSMISIÓN
Mosca común	♦ Fiebre tifoidea/ Salmonellosis	♦ <i>Salmonella</i>	♦ Contaminación de alimentos
	♦ Shigelosis/Disentería/ Diarrea infantil Otras infecciones	♦ <i>Shigella</i>	♦ Contaminación de alimentos
Mosquitos	♦ Paludismo	♦ <i>Plasmodium</i>	♦ Saliva del mosquito <i>Anopheles</i>
	♦ Fiebre amarilla	♦ <i>Flavivirus</i>	♦ Saliva del mosquito <i>Aedes albopictus</i>
	♦ Dengue	♦ <i>Flavivirus (denguevirus)</i>	♦ Saliva del mosquito <i>Aedes aegypti</i>
	♦ Encefalitis viral	♦ Gran variedad de virus	♦ Saliva de moscos Hematófagos
	♦ Tripanosomiasis (enfermedad de Chagas)	♦ <i>Trypanosoma cruzi</i>	♦ Mosca Triatómina (tse-tse)
	♦ Oncocercosis ♦ Leishmaniasis (úlceras del chiclero)	♦ <i>Onchocerca volvulus</i> ♦ <i>Leishmania</i> spp.	♦ Mosca género <i>Simulium</i> spp. ♦ Mosca género <i>Phlebotomus</i> spp.
Roedores	♦ Peste bubónica	♦ <i>Pasteurella pestis</i>	♦ Pulga
	♦ Tifo murino/epidémico	♦ <i>Rickettsia typhi</i>	♦ Pulga
	♦ Tularemia	♦ <i>Pasteurella tularensis</i>	♦ Mordedura
	♦ Leptospirosis	♦ <i>Leptospira icterohaemorrhagiae</i>	♦ Orina ♦ Mordedura
	♦ Fiebre de Haverhill	♦ <i>Streptobacillus moniliforme</i>	♦ Mordedura
	♦ Fiebre de Sodoku	♦ <i>Spirillum minus</i>	♦ Mordedura
	♦ Rickettsiosis vesiculosa	♦ <i>Rickettsia akari</i>	♦ Orina/secreción nasal
	♦ Meningitis linfocitaria	♦ <i>Virus linfático coriomeningite</i>	♦ Heces
	♦ Gastroenteritis	♦ <i>Salmonella, E coli, etc</i>	♦ Orina
	♦ Bruselosis	♦ <i>Brucella melintensis</i>	♦ Mordedura
	♦ Triquinosis	♦ <i>Trichinella spiralis</i>	♦ Mordedura
	♦ Rabia	♦ <i>Rabdovirus</i>	♦ Contaminación de alimentos
	♦ Lepra	♦ <i>Micobacterium leprae</i>	
Cucarachas	♦ Cólera	♦ <i>Vibrion cholerae</i>	♦ Contaminación de alimentos
	♦ Fiebre tifoidea	♦ <i>Salmonella</i>	♦ Contaminación de alimentos
	♦ Gastroenteritis	♦ <i>Rotavirus</i>	♦ Contaminación de alimentos
	♦ Lepra	♦ <i>Micobacterium leprae</i>	♦ Contaminación de alimentos
	♦ Inf., intestinales/Disenteria/ Intoxicación alimentaria	♦ Diversos tipos de virus, bacterias y micro parásitos	♦ Contaminación de alimentos

Fuente⁴¹: Programa Nacional de Capacitación. The World Bank/SEDESOL/BANOBRAS, 1997.

Tabla No. 2

MICROORGANISMOS PATÓGENOS EN LOS RESIDUOS SÓLIDOS HOSPITALARIOS

a) BACTERIAS	
➤ Bacilos Gram Negativos Entéricos	<ul style="list-style-type: none"> • <i>Coliformes</i> • <i>Salmonella typhi</i> • <i>Shigella sp.</i>
➤ Otros Bacilos Gram Negativo	<ul style="list-style-type: none"> • <i>Pseudomonas</i>
➤ Cocos Gram Positivos	<ul style="list-style-type: none"> • <i>Streptococos</i> • <i>Staphylococcus aureus</i>
b) HONGOS	
➤ <i>Candida albicans</i>	
c) VIRUS	
➤ Polio Tipo I	
➤ Virus de Hepatitis A y B	
➤ Influenza	
➤ Virus entérico	

Fuente³⁹: (39): MINSA. Administración de Residuos Sólidos Hospitalarios. Lima, 1999.

Tabla No. 3
TIEMPO DE SOBREVIVENCIA DE ALGUNOS MICROORGANISMOS
PATÓGENOS EN LOS RESIDUOS SÓLIDOS MUNICIPALES

MICROORGANISMO	TIEMPO (días)
<i>Salmonella typhi</i>	29 – 70
<i>Entamoeba histolytica</i>	8 – 12
<i>Ascaris lumbricoides</i>	2 000 - 2 500
<i>Leptospira interrogans</i>	15 – 43
Polio virus-Polio tipo I	20 – 170
	150 – 180
<i>Mycobacterium tuberculosis</i>	25 – 340
Protozoarios(1)	24-80
Larvas de vermes	

Fuentes^{43,39}: (43): Suberkeropp, K.F. & Klug, M.J. *Microbial Ecology-I*, 96-123 (Microorganismos)1974.
 (39):MINSA. Administración de Residuos Sólidos Hospitalarios. Lima, 1999.

Tabla No. 4
COMPARACIÓN DEL NIVEL POTENCIAL DE AFECTACIÓN A LA SALUD Y AL
AMBIENTE POR LOS RESIDUOS SÓLIDOS MUNICIPALES (DOMÉSTICOS) Y LOS
PROVENIENTES DE HOSPITALES

ELEMENTOS	RESIDUOS DOMÉSTICOS	RESIDUOS HOSPITALARIOS
Microorganismos	+++++	++
Microorganismos Patógenos	+++	+
Volumen	+++++	+
Presión Social	-	+++

Fuente²⁵: Kalnowski et cols. *The microbial contamination of medical waste*. Zbl Bakt Mikr Hyg 1983:178:364-379.

Está científicamente comprobado que la tasa de mortalidad de los patógenos está en función del tiempo y de la temperatura. Por ejemplo, la especie bacteriana salmonella puede ser destruida en 15 ó 20 minutos cuando se expone a temperaturas de 60°C, o en una hora a 55 °C. En la tabla No. 5 se pone de manifiesto que la mayoría de los patógenos son destruidos rápidamente cuando están sometidos a una temperatura de 55°C. Solamente unos pocos pueden sobrevivir a temperaturas de hasta 67°C durante un corto período de tiempo. En la tabla No. 6 se reflejan los máximos tiempos (comunes y absolutos) de sobrevivencia de patógenos en suelos y vegetación, si los residuos sólidos tanto domésticos como hospitalarios se vierten sin tratamiento o con inadecuada disposición final a los suelos de tiraderos inadecuados.

En la tabla No. 7 se puede observar la reducción de patógenos que se efectúa en el interior de un relleno sanitario por fermentación termofílica provocada por los microorganismos autóctonos presentes en el mismo. A los quince días las *Ascaris lumbricoides* ya han presentado un rango de decaimiento del 90%, conociéndose lo difícil que es eliminar incluso los huevos de estos helmintos que pueden permanecer hasta cerca de siete años en suelos a temperatura ambiente como se ejemplificó en la tabla No. 3. El *Mycobacterium tuberculosis* no aplica en tiempo de retención, pues esta bacteria no permanece viva en medios anaeróbicos, su vía de transmisión es respiratoria y vive sólo en medios aeróbicos (atmósfera).

Tabla No. 5

TEMPERATURA Y TIEMPO DE EXPOSICIÓN NECESARIOS PARA LA DESTRUCCIÓN DE ALGUNOS PATÓGENOS Y PARÁSITOS COMUNES.

ORGANISMO	OBSERVACIONES
<i>Salmonella typhosa</i>	Sin crecimiento por encima de 46°C; muerte dentro de 30 minutos a 55-60°C y dentro de 20 minutos a 60°C; destruída en poco tiempo en un ambiente de compost.
<i>Salmonella sp.</i>	Muerte dentro de 1 hora a 55°C y dentro de 15-20 minutos a 60°C.
<i>Shigella sp.</i>	Muerte dentro de 1 hora a 55°C.
<i>Escherichia coli</i>	La mayoría mueren dentro de 1 hora a 55°C y dentro de 15-20 minutos a 60°C.
<i>Entamoeba histolytica cysts</i>	Muerte dentro de pocos minutos a 45°C y dentro de pocos segundos a 55°C.
<i>Taenia saginata</i>	Muerte dentro de pocos minutos a 55°C.
<i>Trichinella spiralis larva</i>	Muerte rápidamente a 55°C e instantáneamente a 60°C.
<i>Brucella abortus o Br. suis</i>	Muerte dentro de 3 minutos a 62-63°C y dentro de 1 hora a 55°C.
<i>Micrococcus pyogenes var. aureus</i>	Muerte dentro de 10 minutos a 50°C.
<i>Streptococcus pyogenes</i>	Muerte dentro de 10 minutos a 54°C.
<i>Mycobacterium tuberculosis var. Hominis</i>	Muerte dentro de 15-20 minutos a 66°C o después de calentamiento momentáneo a 67°C.
<i>Corynebacterium diphtheriae</i>	Muerte dentro de 45 minutos a 55°C.
<i>Necator americanus</i>	Muerte dentro de 50 minutos a 45°C.
<i>Ascaris lumbricoides</i> huevos	Muerte en menos de 1 hora a temperaturas por encima de 50°C.

Fuente⁴⁵: Gotaas, H.B.: Composting-Sanitary Disposal and Reclamation of Solid Wastes, World Health Organization, Ginebra, 1956.

Tabla No. 6

TIEMPO DE SOBREVIVENCIA DE PATÓGENOS EN SUELO Y VEGETACIÓN

ORGANISMO	SUELO		VEGETACIÓN	
	MÁXIMO ABSOLUTO	MÁXIMO COMÚN	MÁXIMO ABSOLUTO	MÁXIMO COMÚN
Bacterias	1 año	2 meses	6 meses	1 mes
Virus	1 año	3 meses	2 meses	1 mes
Quistes de protozoarios	10 días	2 días	5 días	2 días
Huevos de helmintos	7 años	2 años	5 meses	1 mes

Fuente^{46,47}: (46)EPA, Control of Pathogens and Vector Attraction in Sewage Sludge, USA, 1992, 152 pp.

(47)Jiménez Cisneros Blanca E., Producción de biosólidos y su reuso como mejoradores de suelos, Revista Federalismo y Desarrollo, 1999, pp. 75-86.

Nota: Los períodos pueden aumentar si hay condiciones climáticas favorables.

Tabla No. 7

PORCENTAJE DE DESTRUCCIÓN DE PATÓGENOS DURANTE LA FERMENTACIÓN ANAERÓBICA QUE SE DESARROLLA EN UN RELLENO SANITARIO

TEMPERATURA (°C)	ORGANISMO	TIEMPO DE RETENCIÓN (DÍAS)	RANGO DE DECAIMIENTO (%)
22-37	<i>Salmonella spp.</i>	6-20	82-96
22-37	<i>Salmonella typhosa</i>	6-20	99
30	<i>Mycobacterium tuberculosis</i>	No aplica	100
29	<i>Ascaris lumbricoides</i>	15	90
35	<i>Poliovirus-1</i>	2	98.5

Fuente: Biogas technology in the Third World: a multidisciplinary review. Ottawa. Ont..IDRC. 1978.132p..ill.

PROTECCIÓN CONTRA RIESGOS SANITARIOS

Con respecto al material proveniente de los laboratorios de microbiología, éste debe esterilizarse antes de salir del hospital, pues ha ocasionado infecciones al personal que lo manipula. No hay evidencias de infecciones en la comunidad, pero conceptualmente se sabe que una bacteria se multiplica por miles y que no es razonable devolverlas al ambiente, por lo que hay racionalidad para decidir que los residuos punzocortantes y los de microbiología requieren manejo especial, el primero en recipientes resistentes a las punciones y el segundo mediante esterilización.

IV. Riesgos asociados a los desechos peligrosos generados en hospitales (químicos o físicos)

Son los riesgos asociados generalmente a accidentes por exposición a los desechos químicos identificados en la clasificación CRETI (corrosivos, reactivos, explosivos, tóxicos e inflamables), así como a los genotóxicos, mutagénicos; y fármacos caducos, tales como: quimioterapéuticos, antineoplásicos, productos químicos no utilizados, plaguicidas fuera de especificaciones, solventes, ácido crómico (usado en la limpieza de vidrios de laboratorio), mercurio de termómetros, soluciones para revelado de radiografías, baterías usadas, aceites lubricantes usados, así como medicamentos vencidos, contaminados, desactualizados y no utilizados. Estos desechos pueden ser tratados por métodos físicos o químicos según sea el caso para eliminarle su peligrosidad. Se generan principalmente en los servicios auxiliares de diagnóstico y tratamiento, directos complementarios y generales.

La generación de desechos químicos y farmacéuticos puede reducirse sustancialmente, mediante el manejo cuidadoso e integral de los almacenes, el cual debe estar supervisado por personal farmacéutico del hospital, el cual deberá seguir prácticas que conlleven a la minimización de residuos, entre las que se destacan:

- Ordenar cantidades relativamente pequeñas, en lugar de grandes cantidades;
- usar primero los productos más antiguos;
- agotar todo el contenido de la caja o frasco;
- prevenir el desperdicio de los productos, con énfasis en las salas de enfermería y durante la limpieza;
- verificar la fecha de expiración de todos los productos, en el momento de ser entregados.

La generación de residuos con alto contenido de mercurio también puede minimizarse, teniendo en cuenta que este metal, en caso de derrames puede recogerse y ser recuperado para su reuso.

Entre los desechos físicos se encuentran aquellos con características radiactivas o contaminados con radionúclidos. Estos residuos son generados en laboratorios de investigación química y biológica, en los laboratorios de análisis clínicos y en los servicios de radiología y de medicina nuclear. Para perder por decaimiento la radiactividad y no convertirse en fuente de contaminación ambiental estos desechos generalmente tienen que ser aislados por el tiempo estipulado por las autoridades competentes.

PROTECCIÓN CONTRA RIESGOS SANITARIOS

También existen otros desechos peligrosos muy especiales que generalmente se encuentran en cantidades pequeñas, pero requieren un manejo y canal de eliminación específicos para cada uno, entre los que se encuentran: los medicamentos citotóxicos y los envases presurizados².

V. Riesgos químicos asociados a la incineración de residuos hospitalarios

Por la inadecuada prioridad que se le ha dado en la Norma Oficial Mexicana al tratamiento por incineración de los residuos biológico-infecciosos sobre otras alternativas de tratamiento más económicas y menos contaminantes al medio ambiente, dedicaremos un amplio análisis al tema en este capítulo.

La Incineración es el procesamiento térmico de los residuos sólidos mediante oxidación química con cantidades estequiométricas o en exceso de oxígeno. Los productos finales incluyen gases calientes de combustión, compuestos principalmente de nitrógeno, dióxido de carbono y vapor de agua (gas de chimenea), y rechazos no combustibles (cenizas). Se puede recuperar energía mediante el intercambio de calor procedente de los gases calientes de combustión.

Los aspectos más negativos de la incineración de desechos hospitalarios son su alto costo y su potencial contaminador al medio ambiente. Actualmente existe en el ámbito mundial una gran diversidad de grupos ambientalistas y de derechos humanos que se oponen a esta práctica de incinerar, e incluso se propone que se prohíba legalmente en todo el mundo⁴⁸. Se considera que en promedio de todos los residuos generados por los hospitales, no más del 2% debería ser incinerado y/o tratado, sin embargo la mayoría de los hospitales incineran entre el 75 y el 100% de sus residuos, lo cual conlleva a la producción de dioxinas, furanos, mercurio, arsénico y plomo, que a su vez producen cenizas tóxicas.

La situación de la incineración en México es muy grave, debido entre otros aspectos, al rechazo sistemático a los confinamientos de residuos peligrosos por parte de la población, por lo que las autoridades han empezado a incentivar este tratamiento, que a pesar de ser mucho más peligroso, no ha suscitado tal oposición por parte de la sociedad por ser menos llamativo que los confinamientos. Además la presión ejercida sobre el gobierno por transnacionales que promueven la incineración, aunado a la falta de infraestructura adecuada en el país para tratar los al menos 8 millones de toneladas de residuos peligrosos estimados por las autoridades ambientales, ha resultado en la apertura del país a la incineración.

En el año 2003 existían en México 35 empresas autorizadas para la incineración de residuos peligrosos, con 43 incineradores operando, el 85% (37) para RPBIel 15% (6) incinerando residuos industriales.

Varias de estas instalaciones han operado hasta ahora con permisos temporales, en condiciones variables y con límites de emisión establecidos discrecionalmente. Sin embargo, se planea uniformar los criterios para incineración con la publicación de la Norma Oficial Mexicana NOM-098-ECOL-2000 y dar así mayor seguridad a inversionistas potenciales. Más aún, el costo de los trámites para la instalación de nuevos incineradores fue reducido de \$ 52,000 M.N. en 1999 a \$ 36,000 M.N. en el año 2001 y se ha dado un plazo de hasta 2 años para su cumplimiento, como un incentivo adicional. La NOM establece límites máximos de contaminantes como dioxinas y furanos que son hasta 5

PROTECCIÓN CONTRA RIESGOS SANITARIOS

veces más permisivos que los de E.U., Europa y otros anteproyectos de norma de incineración propuestos por las mismas autoridades. Se espera que esto estimule la inversión extranjera sucia en México, misma que cuenta con un mercado cada vez más reducido en sus países de origen.

En este estudio abundaremos sobre la contaminación ambiental, por lo que pasaremos a exponer a detalle que son las dioxinas y los furanos, los principales elementos contaminantes de la atmósfera producto de la combustión simultánea de materia orgánica y sustancias cloradas.

1 Dioxinas y Furanos:

Según la Agencia de Protección Medioambiental de los EE.UU. (USEPA, 2000), los incineradores hospitalarios se consideran las mayores fuentes de dioxinas de los países industrializados. A pesar de representar tan sólo el 0,5% del peso de las basuras hospitalaria, el PVC aporta en los incineradores más del 50% del cloro, la principal causa de formación de dioxinas. De acuerdo con la mayoría de los estudios sobre incineración, cuando se mantienen constantes el resto de los factores, existe una correlación directa entre la entrada de PVC y la salida de dioxinas y furanos. Por ello la política de algunos países, como Dinamarca, es evitar la entrada de policloruro de vinilo a los incineradores.

Incluso si se eliminara todo el PVC y los residuos clorados de la corriente de residuos, la incineración no sería una solución aceptable, sino se controla la continua emisión de metales pesados, hidrocarburos y otras emisiones al aire.

Desde hace varios años a emisión de compuestos orgánicos de la familia de las dioxinas y furanos se ha convertido en uno de los asuntos más complejos y controvertidos del procesamiento térmico de los residuos sólidos urbanos²⁷ u hospitalarios. México no cuenta aún con la capacidad analítica necesaria para la evaluación ambiental de dioxinas y furanos, debido a los altos costos que representan los insumos y equipos de laboratorio. Las dioxinas y los furanos son los nombres comunes con los que se conocen a ciertas familias de compuestos aromáticos oxigenados. Una molécula de dioxina está formada por una estructura de triple anillo en la que dos anillos de benceno están interconectados por dos átomos de oxígeno. La molécula de furano tiene una estructura similar, excepto que solamente un átomo de oxígeno une los dos anillos del benceno.

Figura No.1
DIOXINA

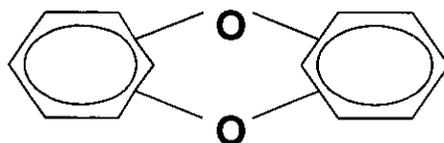
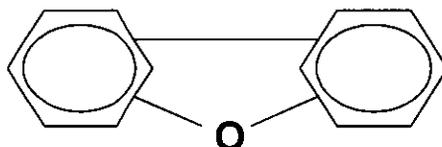


Figura No. 2

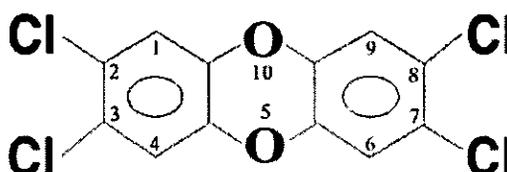
FURANO



Los enlaces libres de los átomos de carbono para unirse a átomos de hidrógeno o cloro se numeran para identificar el tipo de isómero que se forma⁵². Si existe cloro presente en la descomposición de materiales expuestos a altas temperaturas, combustión u otras reacciones, las dioxinas o furanos pueden tomar átomos de cloro para formar CDD's (Cloro Dibenzo-p-Dioxinas) y CDF's (Cloro Dibenzofuranos). Estos compuestos son generalmente considerados altamente tóxicos y fuertemente persistentes en el ambiente.

Figura No. 3

2,3,7,8-TCDD (2,3,7,8-tetracloro-dibenceno-p-dioxina)



Las dioxinas constituyen un grupo de 75 compuestos diferentes (isómeros) con la misma estructura química básica, formadas por 3 anillos unidos con carbono, hidrógeno, oxígeno y átomos de cloro (Cl) enlazados en diferentes posiciones de los anillos. Las dioxinas son frecuentemente discutidas junto con los furanos, los cuales forman un grupo de 135 compuestos con estructura y propiedades similares. Las abreviaciones generales para los 210 compuestos de dioxinas y furanos son PCDD / PCDFs (Dibenzo-p-dioxinas policloradas y Dibenzofuranos policlorados).

Las posiciones numeradas representan átomos de carbono donde los enlaces están libres para unirse a átomos de hidrógeno o cloro. En la notación química se refiere a estos isómeros por el número de posición del átomo de cloro. Por ejemplo, el 2,3,7,8-TCDD (2,3,7,8-tetracloro-dibenceno-p-dioxina) es un PCDD con cuatro átomos de cloro localizados en las posiciones 2,3,7 y 8. (figura No.3). Este compuesto es considerado como el de mayor toxicidad de acuerdo a pruebas realizadas con animales y a partir de él se establece el nivel de toxicidad de los otros compuestos de la misma familia.

Las dioxinas y furanos son parte de un amplio grupo de químicos conocidos como compuestos orgánicos clorados (COPs). Estos compuestos pueden tener una estructura de anillo o aromáticos (PCDD/PCDF) o de cadena lineal (pesticida/insecticida, DDT).

Las dioxinas se generan por el llamado De Novo Synthese entre las temperaturas de 200 y 400 grados Celsius a partir de carbono e iones de cloro, ayudando como catalizador la

PROTECCIÓN CONTRA RIESGOS SANITARIOS

presencia de CuCl_2 , por lo que es fácil que se formen en la salida de la caldera y en la primera separación del polvo, creando así los tetracloro-dibenzo-dioxinas (TCDD's) y los tetracloro dibenzo-furanos (TCDF's).

Entre 600 Y 800 grados se encuentran los compuestos orgánicos volátiles (moléculas orgánicas no incineradas) que son precursores de la formación de nuevos compuestos. A más de 800°C los TCDD's y TCDF's se destruyen con una presencia de oxígeno mayor al 6%.

Las principales fuentes de formación de dioxinas y furanos son los procesos de producción del clorofenol y sus derivados, los procesos de combustión incompleta en presencia de ciertos compuestos clorados y ciertas reacciones enzimáticas que se producen en procesos biológicos.

Los PCDD's/PCDF's nunca se han producido de forma intencional y nunca han tenido ninguna aplicación útil, éstos se forman como productos secundarios indeseables en numerosos procesos industriales y de combustión, a diferencia de lo que sucede con otros COPs como por ejemplo. los bifenilos policlorados (PCB) o el DDT.

La importancia de las familias PCDD's y PCDF's de compuestos orgánicos, radica en que algunos de sus isómeros se encuentran entre las sustancias más tóxicas que existen, pues tienen propiedades cancerígenas (causan cáncer) en animales. Se sabe que estas sustancias son emitidas en bajas concentraciones desde los sistemas de incineración que queman residuos sólidos urbanos y hospitalarios. Recientemente se han propuesto tres fuentes en las emisiones procedentes de la incineración:

1. La presencia de dioxinas y furanos en los mismos
2. Su formación durante la combustión debido a los compuestos clorados precursores aromáticos
3. Su formación durante la combustión procediendo de los hidrocarburos y el cloro

Las dioxinas pueden entrar en el flujo de residuos como contaminantes en compuestos químicos, tales como los clorofenoles y clorobenzenos que se utilizan en pesticidas, papeles y preservantes de la madera. También se ha sugerido que el clorofenol podría actuar como compuesto precursor en la formación de PCDD y PCDF. Otra hipótesis consiste en que los PCDD y PCDF se sintetizan en el mismo sistema de combustión mediante reacciones entre las ligninas (componentes de la madera y el papel), y los compuestos de cloro derivados del policloruro de vinilo (PVC), o de compuestos inorgánicos como NaCl .

Sin ignorar el riesgo que representan estos compuestos que, según la EPA (Agencia del Medio Ambiente de los EE.UU.) son cancerígenos y pueden además provocar alteraciones en los sistemas inmunitario, reproductor y endocrino, hay que tener presente que no todas las dioxinas presentan toxicidad, por lo cual deben ser clasificadas en las emisiones de los incineradores.

Condiciones apropiadas para la formación de dioxinas y furanos

Las dioxinas y furanos se producen en cualquier tipo de combustión siempre y cuando se encuentren las condiciones propicias para su formación. Estas condiciones se mencionan a continuación por su orden de importancia:

PROTECCIÓN CONTRA RIESGOS SANITARIOS

- Condiciones insuficientes para la combustión
- Mezclado, temperatura, o enfriamiento brusco
- Generación de cenizas
- Alto contenido de monóxido de carbono (CO) e Hidrocarburos Totales.
- Alta cantidad de partículas entrando al proceso de combustión con pobre quemado
- Manejo de partículas en el periodo crítico de temperatura (150-450 °C)
- Desperdicio o combustible con orgánicos complejos y/o lignina como estructura
- Partículas de materia con contenidos de metales que puedan catalizar la formación de dioxinas
- Cloro suficiente

Condiciones requeridas para la baja formación de dioxinas y furanos

Así como existen condiciones propicias para la formación de las dioxinas y los furanos, las hay para inhibir este proceso, las cuales se mencionan a continuación por su orden de importancia:

- Baja emisión de partículas
- Baja temperatura de los aparatos de captación de partículas
- Enfriamiento brusco durante el periodo crítico de formación de dioxinas
- Baja cantidad de metales catalizadores
- Alto contenido de azufre
- Cloro insuficiente

Control de Dioxinas y Furanos

Para controlar las dioxinas se requiere cumplir con los siguientes requisitos:

a) Prácticas adecuadas para la combustión

1. Temperatura alta y uniforme
2. Buena mezcla del combustible, con suficiente cantidad de aire
3. Minimizar la entrada de partículas de difícil quemado
4. Uniformidad en el rango de alimentación del combustible
5. Utilizar las emisiones de CO e Hidrocarburos Totales como indicadores
6. Temperatura adecuada del equipo para control de emisión de partículas

PROTECCIÓN CONTRA RIESGOS SANITARIOS

b) Control de la contaminación del aire

1. Secadores por esparado de agua
2. Filtros con telas
3. Filtros húmedos (Wet Scrubbers)
4. Inyección de carbón
5. Camas de carbón
6. Agentes inhibidores que envenenan la catálisis
7. Oxidación catalítica

VI. Riesgos a los pacientes ingresados asociados al uso de productos e instrumental plásticos

Los resultados del análisis realizado por Greenpeace en el año 2000 sobre 46 productos hospitalarios procedentes de doce países, muestra que estos artículos presentan un elevado contenido de DEHP, un ftalato de alta toxicidad que se emplea como plastificante. Al igual que ocurre en los juguetes, los productos médicos de PVC blando liberan con facilidad este plastificante a los fluidos circundantes, como ocurre en el caso de las bolsas de soluciones intravenosas (IV). Muchos países han adoptado ya medidas para eliminar el uso de DEHP y otros ftalatos en juguetes de PVC debido a los riesgos que puede presentar la exposición de estos aditivos en los más pequeños. En 1986 la industria juguetera de Estados Unidos dejó de utilizar voluntariamente el ftalato DEHP en los juguetes diseñados para llevar a la boca. En México la Secretaria de Salud anunció el 30 de noviembre de 1998 que detendría la importación de juguetes de PVC blando para niños pequeños y retiraría esos productos de la venta. Sin embargo no existe ninguna restricción similar para los productos médicos de PVC que liberan este plastificante directamente en el organismo.

En la actualidad la Agencia de Protección Medioambiental de Estados Unidos considera al DEHP como carcinógeno humano. La evaluación del DEHP en la Unión Europea (UE) ha cambiado en los últimos diez años. En 1990, se consideraba que el DEHP "no podría clasificarse como carcinogénico ni como sustancia irritante". En 1998, el Comité Científico de la UE concluyó que un efecto relevante del DEHP en seres humanos era el daño testicular. En la actualidad los laboratorios de investigación de la UE han recibido la siguiente información sobre la seguridad del DEHP: el Residuo45 (R45), puede producir cáncer; R62, posibles riesgos para la fertilidad; R63, posibles riesgos para la salud de los fetos; y R36/37/38, irritación de ojos, sistema respiratorio, y piel. Los estudios sobre la exposición de animales a este aditivo han revelado efectos tóxicos en el desarrollo del feto, sistema reproductor, hígado, riñones, corazón y pulmones.

Disminución de riesgos y ventajas ambientales y económicas de la utilización de materiales duraderos, reutilizables y reciclables

Cada vez más, se han venido sustituyendo algunos utensilios o prendas tradicionales de las utilizadas en los centros sanitarios, bien por razones higiénicas, en prevención de enfermedades infecciosas, o bien por razones económicas. No obstante, no siempre

PROTECCIÓN CONTRA RIESGOS SANITARIOS

resulta una mejor opción la adquisición de elementos de "usar y tirar" desde un punto de vista medioambiental, o incluso económico, especialmente si tampoco se consigue una mayor protección de los trabajadores y de las trabajadoras. Este aspecto resulta especialmente relevante cuando se tiene en cuenta que hasta un 40% de los residuos sanitarios son plásticos, especialmente PVC que presenta numerosos problemas a lo largo de todo su ciclo de vida por poseer constituyentes tóxicos como el cloro, ciertos plastificantes, como los ftalatos, y metales pesados, por lo que sería preferible sustituir éstos por materiales menos contaminantes, reutilizables y/o reciclables.

En este sentido, sería recomendable la utilización de materiales que puedan ser esterilizados para su posterior reutilización o reciclaje, frente a aquellos de un sólo uso, como por ejemplo, utensilios, uniformes o materiales y equipamiento médico (botellas de suero, sondas, sistemas, frascos de medicamentos, etc.).

Según un estudio de la Agencia de Protección Ambiental de EE.UU en el año 2001, la reutilización de algunos utensilios o materiales es segura desde la perspectiva de salud, y resulta viable económicamente, sobre todo si se tienen en cuenta los cada vez más altos costos de gestión de los residuos derivados de una legislación cada vez más estricta³⁷. También es beneficiosa si se consideran otros costos asociados a la producción de materiales de un solo uso, como son los costos económicos, sociales y medioambientales del consumo de recursos no renovables (la base del plástico, por ejemplo, es el petróleo).

En dicho estudio se plantea el reciclaje de algunos residuos como, por ejemplo, las "placas de Petri" de vidrio utilizadas en los laboratorios, que puede justificar la existencia de una empresa de reciclaje especializada en este tipo de vidrio para varios centros sanitarios cercanos. La reutilización y el reciclaje tienen algunos inconvenientes como el espacio y la dedicación laboral, pero según este estudio en algunos casos puede ser más rentable económicamente.

Las prendas del uniforme o las cortinas pueden estar fabricadas de tejido, en lugar de papel, que es más duradero y reparable. El estudio realizado en un hospital estadounidense demostró que en la totalidad de los hospitales de la ciudad de Cincinnati este tipo de sustitución en el área de cirugía se traduciría en una reducción entre el 35% y el 50% de los residuos generados durante las operaciones.



FACULTAD DE INGENIERÍA UNAM
DIVISIÓN DE EDUCACIÓN CONTINUA

CURSOS INSTITUCIONALES

PROTECCIÓN CONTRA RIESGOS SANITARIOS



Del 09 al 12 de Mayo de 2006

ANEXOS

CI - 058

Instructora: Mtra. Doraida Rodríguez Sordia

COFEPRIS

MAYO DE 2006

Palacio de Minería, Calle de Tacuba No. 5, Primer piso, Delegación Cuauhtémoc, CP 06000, Centro Histórico, México D.F.,
APDO Postal M-2285 ■ Tels. 5521.4021 al 24, 5623.2910 y 5623 2971 ■ Fax: 5510 0573

tos, según varios autores que han realizado estudios al respecto.

La novena revisión (1995), de la Clasificación Internacional de Enfermedades, en la introducción, los principios generales mencionan:

“Una clasificación de enfermedades puede ser definida como un sistema de categorías numéricas asignadas a entidades nosológicas de acuerdo con criterios establecidos previamente. Existen varias posibilidades de selección de esos criterios. El anatomista, por ejemplo, puede requerir una clasificación basada en la parte del cuerpo afectada, mientras que el patólogo se interesa primordialmente en la naturaleza de la evaluación de la enfermedad, el médico de salud pública en la etiología y el clínico en la manifestación particular que requiera su atención. En otras palabras, hay muchos criterios de clasificación y su selección está determinada por el interés del investigador. Por lo tanto, una clasificación estadística de enfermedades y traumatismos dependerá del uso que se haga de las estadísticas que serán recopiladas.”

Por otra parte recomienda que las categorías deben ser seleccionadas de manera que faciliten el estudio estadístico de los fenómenos patológicos.

En la novena revisión se propuso que se eliminara el prefijo N, correspondiente a la naturaleza de la lesión. La clave se convirtió en una clasificación suplementaria para utilizarse, en los casos pertinentes junto con los códigos de cualquier parte de la clasificación. Esto da flexibilidad para el uso de las categorías relativas al diagnóstico de la lesión; ambas, cruzadas con las categorías de causa externa, proporcionan tanto la circunstancia del accidente como el diagnóstico de la lesión, tratándose de accidentes. En caso de enfermedades, se utilizan las categorías que para las afecciones morbosas existen en dicha Clasificación.

Por todo lo anterior es recomendable la utilización de este instrumento, con el cual se obtiene una información estadística que cubre los dos objetivos para su recopilación, el preventivo y el financiero.

VIGILANCIA EN RIESGOS PROFESIONALES

Doctor Manuel Barquín Calderón

Concepto

La vigilancia o control epidemiológico y la recolección sistemática, análisis e interpretación de los datos relativos a la salud en el campo de la medicina del trabajo, se refieren a accidentes, enfermedades o exposición excesiva de un riesgo, así como el monitoreo que permite conocer sus tendencias en diferentes tipos de industrias en tiempo y espacio.

La identificación de casos puede no sólo favorecer a los individuos afectados de un riesgo profesional, sino también a sus compañeros de trabajo que están expuestos al mismo riesgo, de manera que pueda realizarse un programa de pesquisa a fin de identificar otros casos.

El monitoreo de las tendencias es esencial para evaluar la efectividad de los programas de control en los sitios de trabajo; el aumento de accidentes, enfermedades y exposición a riesgos, es una razón para incrementar los programas de medicina del trabajo en un centro laboral. Esto implica una decisión axiológica paralela a la asignación de recursos.

En el campo de la salud pública el término supervisión o control se emplea en una forma muy amplia para describir una serie de programas. El término “pesquisa” suele ser usado para describir programas en que se incluyen una historia clínica con examen físico, pruebas de laboratorio y de gabinete, a fin de descubrir tempranamente un proceso morboso que puede ser limitado y revertido, de manera que se entienda que el propósito primario de una vigilancia médica es individuos afectados de un padecimiento a través de la pesquisa o tamiz de un grupo laboral.

Vigilancia de la salud

La vigilancia de la salud implica recolección de datos que permitan monitorear tendencias de riesgos profesionales y por lo tanto incluyen reportes

de los patrones, certificados de defunción y de nacimiento, expedientes relacionados con compensaciones, subsidios y liquidaciones de los trabajadores por riesgos profesionales, datos de laboratorio y reportes sobre exámenes generales periódicos, expedientes de altas de hospitales, así como encuestas de salud; los datos básicos que han sido diseñados para diferentes propósitos de la supervisión laboral tienen limitaciones importantes y algunas condiciones específicas de riesgos profesionales requieren análisis de laboratorio clínico adicionales y otras pruebas de gabinete.

En relación a la identificación de casos se puede afirmar que hay dos tipos de programas que identifican casos de riesgos profesionales, programas de tamizaje o pesquisa y reportes de los proveedores de servicios médicos. Los programas que tienen que ver con el tamizaje requieren identificar a los individuos que tienen tendencias claras de la absorción excesiva de un agente tóxico o de una disfunción de algún sistema orgánico.

En muchos lugares hay reglamentos que requieren del reporte forzoso de un riesgo profesional a una oficina dependiente del ministerio o secretaría de trabajo o de la institución de Seguridad Social o de ambos; sin embargo, la mayor parte de los programas no son muy efectivos por la falta de interés de los médicos para reportar los padecimientos.

Los programas extensos de monitoreo de las tendencias de la frecuencia de los riesgos profesionales en los Estados Unidos, son a base de la encuesta a través del reporte de los patrones; aunque hay muchas críticas de que puede haber un registro menor o distorsión de la información. Muchos de los datos de este programa se emplean por ser una información disponible especialmente para accidentes de trabajo.

En los países latinoamericanos se manejan los reportes que tienen que ver con la rama de riesgos profesionales de los diversos seguros sociales, pero hay que considerar que dicho registro sólo se refiere a un grupo relativamente restringido de asegurados cubiertos por los seguros sociales. En algunos países sólo se reportan estadísticas de una minoría, quedando prácticamente los campesinos fuera de dichas encuestas.

Otra fuente de información se refiere a los certificados de defunción que, aun cuando en muchos países se considera una fuente confiable de datos, en muchos casos no recogen la historia laboral de los fallecidos, sino solamente las causas que condujeron a la muerte a los individuos.

Las menciones que se han hecho de las concentraciones de los agentes contaminantes en los lugares de trabajo, se han considerado como datos que traducen la eficacia de los controles industriales que limitan la exposición a sustancias tóxicas. El procedimiento de muestreo se ha utilizado para identificar los lugares.

Estos datos se usan para realizar lo que se ha llamado la vigilancia de exposición y sirve, en primer lugar, para tomar las medidas necesarias para proteger a los trabajadores.

Otro aspecto interesante es la evaluación de la utilidad de los programas de vigilancia y su eficacia en relación con el resultado de la cuantificación del beneficio que reciben los casos individuales y por supuesto la mejoría del ambiente de trabajo en las diversas factorías. Estos beneficios pueden considerarse dentro del marco de la prevención:

- 1° Cuando se trata de prevenir una exposición posterior para la gente que no padece ninguna enfermedad laboral.
- 2° Si previene el agravamiento o si se mitiga el impacto de un padecimiento.
- 3° Cuando conduce a la rehabilitación de un padecimiento severo en que no existe una situación reversible como en el caso de la prevención secundaria.

Dependiendo de las diversas situaciones en que labora un trabajador como: ambiente tóxico, suspensión de polvos, exceso de ruido, etc., podrá estar indicado cambiar al trabajador de lugar, a fin de evitar que progresen las lesiones, buscando la rehabilitación adecuada con el concepto de prevención terciaria. Desgraciadamente, sólo una minoría de los programas preventivos pueden conducir a la intervención de los profesionales de la medicina.

La evaluación de los sistemas de vigilancia laboral enfocada a grupos de trabajo, en los que se monitorean las tendencias en este campo, pue-

den ser desarrolladas utilizando los principios generales de la salud pública y los reportes de esta vigilancia son esenciales para modificar los programas de control.

Es necesario que los datos sean precisos y representativos para asegurar la credibilidad de los resultados, dado que sus tendencias se deberán comparar en tiempo y espacio y es esencial la consistencia en la recolección de los datos.

La limitación del sistema de vigilancia descrito está muy extendida en todos los países industrializados. Los investigadores en este campo han hecho avances significativos en muchos aspectos en la higiene del trabajo y la vigilancia a la exposición; estas tendencias en el desarrollo de los programas animan a continuar por este camino indicando la dirección de los futuros trabajos.

En el pasado, los sistemas de vigilancia en el trabajo estaban verdaderamente ligados en los expedientes relacionados con la mortalidad; sin embargo, actualmente, como no en todos los casos un padecimiento termina con la defunción del trabajador, estos sistemas enfocan más bien la morbilidad que la mortalidad y los estudios para conocer el tipo de enfermedades que afectan a los trabajadores, se han venido profundizando cada vez más.

Los cuestionarios y las pruebas diagnósticas que se usan en los programas de vigilancia se han venido estandarizando cada vez más, de manera que son similares los reportes de los empleadores y su contenido y a medida que se avanza en la estandarización, la posibilidad de reproducir los resultados se incrementará proporcionalmente.

Últimamente a través de estos programas, de los reportes de las clínicas y hospitales, se ha venido conociendo con más detalle las características de los riesgos profesionales y se han podido señalar las industrias que significan una mayor exposición para sus trabajadores.

En conclusión, no hay un solo camino para la vigilancia de los riesgos profesionales sino hay que utilizar diversos sistemas y procedimientos que permitan considerar nuevos caminos a la vigilancia que puedan prever enfermedades y accidentes del trabajo.

Las encuestas

Las encuestas directas tienen muy importantes oportunidades para obtener información de los individuos en casos en que no se pueden recabar los datos en otra forma y estas encuestas son particularmente útiles para conocer la prevalencia de las condiciones referentes a la morbilidad más que a la mortalidad y que pueden ser conocidas a través de un cuestionario o de pruebas diagnósticas (de tamizaje o pesquisa). Las encuestas más amplias proporcionarán mayores oportunidades de estandarizar los métodos que se puedan usar en pequeños proyectos de vigilancia directa a poblaciones expuestas en forma circunscrita y a crear indicadores que permitan la comparación con los resultados de estos estudios de menor rango.

Las ventajas de los cuestionarios estándar

Las encuestas directas a los trabajadores que recogen la historia de la salud de éstos a través de un cuestionario que además se auxilian de ciertas pruebas de funcionamiento de órganos o sistemas: audiometría, espirometría pulmonar, biometría hemática, análisis de orina, etc., se realizan de rutina. En la actualidad hay nuevas y complejas técnicas tales como la prueba neurológica de la conducta computarizada que se pretende introducir como de rutina.

El cuestionario estándar es un juego de preguntas determinadas previamente, presentadas con un orden específico que conducen a un estricto control sobre la conducta del entrevistado; sin tales métodos puede haber variaciones en los estudios realizados debido a los diferentes contenidos de los cuestionarios o diferencias en la técnica de la entrevista, en consecuencia los datos obtenidos de encuestas heterogéneas no pueden ser comparados fácilmente y por lo tanto no se pueden derivar conclusiones objetivas.

Hay varios puntos a considerar en un cuestionario estandarizado.

Finalmente, dicho cuestionario debe obtener una historia laboral que incluya la pasada y actual ocupación, la industria y la exposición probable a ciertos riesgos en el lugar de trabajo.

La experiencia ha demostrado la importancia de especificar los propósitos de la encuesta y evitar el uso de situaciones inciertas, por lo que el cuestionario debe describir ante todo:

1. Evaluaciones médicas periódicas de los trabajadores sujetos a un riesgo en particular como resultado de la exposición a éstos en el lugar de trabajo.
2. Los "hallazgos" dentro del grupo de trabajadores que participan en esas investigaciones etiológicas tales como los estudios de riesgos a la salud, que se evalúan.

Con respecto al primer punto, las industrias privadas realizan actividades de "tamizaje" con mucha frecuencia, en las cuales se trata de detectar un factor de riesgo específico y el resultado de su acción es que, en muchos casos, estas evaluaciones periódicas se realizan por mandato de la Ley Laboral, por ejemplo, los trabajadores expuestos al plomo, al polvo de algodón y asbestos, por lo que un cuestionario estándar puede ser modificado levemente a fin de contener investigaciones específicas para ciertas industrias, aún cuando las investigaciones etiológicas a menudo consisten en cortes transversales de exámenes médicos sin el seguimiento adecuado y los datos de estos estudios pueden reunirse a través del uso de cuestionarios estándar y el seguimiento se facilita enormemente por el uso repetido de estos cuestionarios.

El cuestionario mencionado no tiene propósitos de diagnosticar desde el punto de vista puramente clínico a los trabajadores en forma individual, por supuesto que debe tener un grado de sensibilidad y especificidad requeridos para realizar diagnósticos individuales, en los cuales se basan los planes de tratamiento; pero además su alcance deberá abarcar las necesidades del diagnóstico colectivo y por lo tanto requerirá detalles que engloben un concepto epidemiológico, de tal manera que este documento pueda adaptarse a las circunstancias mencionadas.

Finalmente las formas de proveer cuestionarios para los entrevistadores, deben contener un desarrollo, estructura y organización congruente con las aplicaciones de esta encuesta y por lo tanto es recomendable que el expediente tenga una

construcción modular que incorpore en primer lugar un juego de preguntas comunes para todos los aspectos administrativos y un juego de módulos que puedan ser seleccionados, según las necesidades.

A continuación se presenta un ejemplo que se ha utilizado extensamente en las encuestas relacionadas con los trabajadores expuestos a agentes específicos tales como pesticidas, solventes y ciertos metales pesados que producen efectos tóxicos funestos en multitud de órganos, aparatos o sistemas del hombre.

Estructura del cuestionario

- I. Identificación y datos generales.
- II. Historia laboral.
- III. Breve resumen de aparatos y sistemas y antecedentes patológicos.
- IV. Factores de riesgo personales e historia ambiental.
- V. Condiciones específicas en relación con sintomatología, introduciendo módulos más complejos.
 - a) Dermatitis.
 - b) Irritativos de contacto, dermatosis alérgicas de contacto, dermatosis desengrasantes, erupción acneiforme por cloro y eczema.
 - c) Irritaciones de las mucosas de los ojos, nariz y garganta, irritaciones de las mucosas de las vías respiratorias altas y respuestas alérgicas asociadas con agentes químicos o biológicos, desórdenes y afecciones respiratorias, bronquitis crónica, enfisema, asma, edema pulmonar inducido por agentes químicos, neumonitis química, neumonitis por hipersensibilidad, neumoconiosis, ejemplo: silicosis, asbestosis, antracosis, talcosis, fiebres producidas por humos metálicos y tumores malignos del tracto respiratorio.
 - d) Afecciones cardiovasculares.
 - e) Padecimientos asociados con ictericia y hepatitis químicas.
 - f) Afecciones renales: Litiasis renal, glomerulitis y padecimientos tubulares.

- g) Enfermedades musculoesqueléticas, síndrome doloroso lumbar asociado con desgarros, distensiones musculotendinosas, patología de discos intervertebrales, artritis articulares degenerativas, padecimientos producidos por traumas repetidos en articulaciones de mano, carpo, puño, incluyendo síndrome de túnel carpiano, compresión del nervio cubital enfermedad de De Quervain, enfermedades degenerativas de las articulaciones, artrosis, dedo en el gatillo y tenosinovitis.
- h) Padecimientos neurotóxicos: neuropatías periféricas, encefalopatía tóxica y afecciones epilépticas.
- i) Pérdida de la audición por ruido, pérdida de la audición y sordera total y síndrome de Ménière.
- j) Enfermedades y afecciones mentales.
- k) Esterilidad y afecciones de los órganos reproductores, disminución de la fertilidad, aborto espontáneo, embarazo tubario, productos nacidos muertos, prematuridad, disminución de peso al nacer, defectos congénitos, retardo mental y cánceres en la infancia.
- l) Heridas agudas: amputaciones, contusiones, fracturas o dislocaciones, laceraciones, torceduras o desgarros musculotendinosos, descargas eléctricas y efectos de otros agentes físicos.

Finalmente la manera de aplicar el cuestionario, sea llenado individualmente o por medio de un entrevistador debe considerarse al formular las preguntas.

Debe asignarse una alta prioridad a las condiciones que se describen en seguida:

1. Que los síntomas o condiciones patológicas ocurran con relativa frecuencia.
2. Que el porcentaje de riesgo atribuible de la situación o síntomas relacionados con el lugar de trabajo, sea relativamente alto.
3. Que la presencia y severidad de condiciones y síntomas sean explícitas y se relacionen e identifiquen en forma inequívoca, utilizando solamente los datos que genera el cuestionario

aunque en muchos casos se requiera complementar el cuestionario con exámenes de laboratorio o pruebas de gabinete.

4. En ciertas ocasiones pueden aparecer entre las primeras enfermedades o lesiones, padecimientos banales o sintomas que se encuentran frecuentemente pero que requieren una investigación más profunda del lugar de trabajo por parte de los investigadores.
5. Se deben atender con mayor cuidado aquellas afecciones que se perciban como de gran importancia para la salud comunitaria en el área laboral.
6. Hay que considerar con cierta prioridad aquellas condiciones morbosas que aunque requieran mayor actividad de investigación, signifiquen un beneficio potencial mayor que las que se consideran convencionales, padecimientos que constituyen las principales categorías. La lista de padecimientos y lesiones que pueden ser signos o señales piloto de eventos relacionados con la salud en el trabajo, son los siguientes:

1. Condiciones dermatológicas.
2. Irritación de las mucosas de los ojos, nariz y garganta.
3. Padecimientos respiratorios.
4. Padecimientos hepáticos.
5. Padecimientos renales
6. Afecciones musculoesqueléticas.
7. Padecimientos neurotóxicos.
8. Pérdida de la audición.
9. Afecciones de las funciones reproductoras.
10. Lesiones producidas por las condiciones laborales de los trabajadores.

Se pueden además adicionar módulos que se relacionen con padecimientos cardiovasculares o psicológicos. Hay desde luego cuestionarios que implican mayor detalle, de acuerdo con los grupos clínicos que tienen interés en la evaluación de riesgos profesionales en ciertas industrias u ocupaciones y se prevé que a futuro se formularán cuestionarios que incluyan por ejemplo:

1. Mayor definición de las condiciones individuales del trabajador.

2. Los objetivos finales del formulario con mayor precisión y hasta algunos análisis o pruebas funcionales de aplicación previa a la formulación y llenado del cuestionario; estos progresos no sólo darán mayor precisión a los resultados, sino que evitarán los sesgos introducidos por interpretaciones semánticas, lo que redundará en una mayor confiabilidad en comparación y validación de las respuestas especificadas, basadas en indicadores más precisos y con mayor precisión en la predicción de algunas condiciones a futuro.

Sistema de notificación por signos de alarma o "centinelas"

Recientemente se ha desarrollado en los Estados Unidos un sistema para riesgos del trabajo a base de notificación con eventos que constituyen signos, avisos y señales de alarma que permiten alertar en los propios lugares de trabajo a trabajadores expuestos y compañeros de labor de un lugar de trabajo. Estos programas no sólo tienen el propósito de una vigilancia general por medio de la recolección y análisis de datos, sino desarrollar una prevención activa a través de programas de control bien diseñados, y cuando esto es posible, eliminar en forma preventiva cualquier evento patológico.

Antiguamente existían diversas leyes que regulaban la intervención de médicos, laboratorios y otros proveedores de atención médica que reportaban específicamente datos sobre riesgos profesionales.

En algunos casos, estos sistemas se ligaban a actividades de unidades operativas que podían realizar el seguimiento y la intervención terapéutica o higiénica desde un principio; en muchas ocasiones los programas oficiales relacionados con los proveedores de atención médica encargados del reporte de los riesgos de trabajo unían sus esfuerzos con las unidades operativas encargadas de resolver los problemas. En muchos casos ni siquiera había sistemas uniformes de información que contuvieran definiciones claras en relación con los casos; asimismo no había un consenso generalizado sobre cuáles eran los signos y señales

de alarma que deberían tomarse en cuenta para desencadenar una acción protectora y terapéutica.

En la actualidad a través de una estandarización congruente en varios estados de la Unión Americana, el sistema de eventos centinelas para la notificación de riesgos del trabajo (SENSOR) realiza una vigilancia específica para estos eventos con magníficos resultados. El sistema consiste en dos componentes: el primero es una red de lo que se ha llamado "centinelas" o proveedor de signos de alarma constituido por médicos generales, laboratorios y clínicas identificados en cada región o estado; esta red de proveedores identifica y reporta casos de enfermedades y accidentes de trabajo al centro de supervisión. El centro de supervisión recibe los reportes de esta red primaria y después de analizar los datos dirige sus acciones hacia casos individuales, grupos laborales y lugares de trabajo de donde se reportaron a todos los casos. Este centro es responsable del manejo confidencial de los datos médicos y de su efectiva acción para responder en forma adecuada a los reportes; este centro sirve de asesor en todo lo relativo a riesgos del trabajo; por último, mantiene expedientes clínicos y otros procedimientos que puedan monitorear las tendencias en riesgos profesionales. Realiza difusión de la información en muchos casos, cuando departamentos de salud en el trabajo de tipo oficial operan en la misma área; el centro comparte las responsabilidades de promoción de salud y seguridad en el trabajo.

Estos centros comúnmente se localizan en aquellas dependencias que dependen de la Secretaría o Ministerio del Trabajo o de instituciones de Seguridad Social, con programas relacionados con riesgos profesionales.

El centro de vigilancia es responsable de mantener reportes sobre cierto grupo de actividades indicadoras de riesgos del trabajo incluyendo la pesquisa y tamizaje de casos. El seguimiento de casos reportados incluye la confirmación de éstos, sometiendo actividades de exámenes de tamiz a otros trabajadores en el mismo lugar de labores y evaluando aquellos factores de riesgo en el propio lugar de trabajo, sobre todo factores que significan un riesgo potencial y que requieren recomendaciones específicas para el abatimiento de estos ries-

gos, desarrollando y manteniendo otra serie de actividades relacionadas con los riesgos profesionales tales como exámenes para conocer la tendencia de éstos, educación para la salud, consultas técnicas e información y difusión de hechos que redunden en beneficio de los trabajadores.

Para facilitar la búsqueda y reconocimiento de la problemática, en relación con los riesgos del trabajo, el programa de referencia se inició con seis entidades patológicas al principio.

Silicosis, asma ocupacional, envenenamiento por pesticidas, envenenamiento por plomo, síndrome del túnel del carpo y sorderas producidas por el ruido, pero posteriormente su acción se fue extendiendo a otras áreas patológicas dependiendo de la incidencia y prevalencia de los padecimientos en una localidad. En la actualidad los informes que se elaboran en estas dependencias, proveen la más útil información sobre las características específicas de los riesgos profesionales existentes, sus secuelas y las características clínicas y epidemiológicas relativas.

El reporte se hace normalmente por teléfono o por correo en formularios especiales diseñados para este objeto. En la actualidad se ha venido utilizando cada vez en forma más intensa la información por aparatos facsimilares aprovechando computadoras y "modems", logrando una eficacia mayor en el reporte.

El análisis de los datos queda a cargo de estadígrafos especializados y epidemiólogos con el apoyo de médicos y otros profesionales de la salud en el trabajo. De acuerdo con los análisis practicados, se toman las acciones pertinentes y se preparan sumarios que tienen por objeto distribuir la información a otras entidades interesadas en este campo, sobre todo aquellos centros de control de padecimientos de tipo regional o los que tienen que ver con el reporte semanal de morbilidad y mortalidad en general.

Las acciones que se pueden realizar cuando se recibe el reporte de un caso confirmado, se procura un contacto con los encargados locales o regionales de las instituciones oficiales del Sector Salud, proveyendo de guías de manejo de los casos tanto a médicos generales como a clínicos que se encargan de la atención individual. En segundo lugar la acción se dirige a todos los traba-

jadores que en el lugar de trabajo del caso reportado, se consideren expuestos a la misma patología que se detectó y que en muchos casos requiere exámenes y pruebas de tamizaje con el objeto de descubrir tempranamente los casos que puedan ameritar el tratamiento oportuno o la prevención.

En resumen, cada vez se perfeccionan mecanismos oficiales que dirigen sus actividades hacia la vigilancia y seguimiento de accidentes y enfermedades del trabajo, realizando dichas actividades en forma más coordinada a través de dependencias que sirven de centinela con pilotos o señales de alarma que reportan previa investigación a unidades operativas, a las que unen sus esfuerzos para modificar tendencias en forma favorable.

Selección y definición de condiciones patológicas relacionadas con la vigilancia de riesgos profesionales

Es necesario escoger algunos padecimientos que puedan servir como indicadores dentro de un sistema de salud y seguridad en el trabajo que permita el reporte y seguimiento de casos individuales por medio de centros de control de enfermedades.

En los Estados Unidos se utiliza una lista inicial de padecimientos hacia los cuales deberían dirigirse los primeros esfuerzos:

Asma profesional, saturnismo, envenenamientos agudos por pesticidas, silicosis, síndrome del túnel de los tendones del carpo, hipoacusia y sordera producida por ruido; por supuesto que desde un principio se pensó que posteriormente se agregarían algunos otros padecimientos, pues el uso de una lista inicial no impide a los proveedores de servicios médicos agregar un grupo de síntomas o exposiciones frecuentemente observados. Experiencias similares se habían tenido en relación con la vigilancia de enfermedades transmisibles.

Las definiciones de casos y orientaciones para el reporte epidemiológico

La importancia básica al crear una nomenclatura uniforme para monitorear la frecuencia de los pade-

cimientos ha sido uno de los fundamentos de los conceptos modernos de vigilancia, lo cual hace confiable el monitoreo facilitando el reporte desde el punto de vista del área geográfica como de la época en que se presentan los padecimientos. La definición de los casos ha sido esencial para la interpretación y definición de los datos de la vigilancia.

Esto dio, por ejemplo, base para afirmar que el paludismo endémico en el sur de E. U. desapareció antes de que comenzara el programa de rociado de DDT. En la actualidad, gracias a este esfuerzo de homogeneización de la nomenclatura y de las definiciones, la mayor parte de los países reportan con claridad los datos relacionados con la vigilancia.

En el caso de las enfermedades profesionales ha sido muy importante considerar la definición del padecimiento, pues constituye una responsabilidad seria para el médico que evalúa la calidad de la enfermedad y en todos los países se tiende a considerar listas de padecimientos y accidentes perfectamente estudiados dentro del terreno de la salud en el trabajo; en muchos casos éstos requieren que el médico realice un diagnóstico etiológico haciendo referencia a la historia laboral y consideraciones sobre los factores de riesgo no laborales que inciden en un caso junto con los efectos conocidos de la exposición en el trabajo. Esta discriminación no es sencilla en todos los casos.

Es más, se puede decir que cuando se etiqueta a una persona como enferma de un padecimiento laboral, esto tiene implicaciones profundas incluyendo aquella que se refiere al riesgo de perder su trabajo, contagiar a sus compañeros, etc.; además de que tales situaciones involucran compensaciones y subsidios económicos proporcionados por un sistema de seguridad social o los propios empleadores o el Estado, por lo que el tratamiento médico también implica un riesgo para el paciente y responsabilidades para el médico tratante, por lo que muchos médicos se resisten a hacer de primera impresión el diagnóstico de un riesgo profesional, hasta tener un diagnóstico certero y comprobado, pero esta dilación implica por supuesto una condición poco favorable para el trabajador y sus compañeros en caso de que la enfermedad resulte de una exposición permanente a una situación riesgosa.

La estructura y validez de la definición de casos

En la definición de un caso deben incluirse signos, síntomas, análisis de laboratorio y pruebas de gabinete, la historia de la exposición y la evaluación de algunas causas, pero que no tienen que ver con el riesgo profesional; cada uno de estos componentes puede variar de acuerdo con la definición de los casos, en muchos de los cuales el dictamen positivo se basa en una prueba muy especializada de laboratorio o de gabinete por lo que hay que referir al paciente a centros especializados.

Las definiciones de los casos para la vigilancia deben contar al menos con una moderada especificidad y sensibilidad; la validez de estas definiciones deben comprobarse directamente sin esperar "reglas de oro" para catalogar un caso resultado de un riesgo del trabajo, porque tales "reglas de oro" en la práctica no existen y un buen sistema de vigilancia basado en definiciones de casos atinentes se considera una medida con valor predictivo, que dependerá de la prevalencia de enfermedades del trabajo reales que se reportan dentro de un grupo de casos sospechosos; sin embargo, tales definiciones deben revisarse periódicamente.

Los proveedores de servicios deben estar motivados para reportar todos aquellos casos sospechosos de ser riesgos profesionales, aun cuando muchos de ellos no se confirmen, pues muchos médicos se desaniman y no ponen interés en analizar los padecimientos de tal manera que puedan catalogarse como profesionales, muchos de los cuales sólo a través de un adecuado seguimiento se pueden etiquetar de enfermedades laborales. En muchas ocasiones, los clínicos se resisten a reportar los casos a fin de evitarse molestias y responsabilidades, por lo que es muy importante la difusión de conocimientos acerca de los riesgos profesionales más frecuentes, pues sólo cuando se piensa en una enfermedad profesional se tiene la posibilidad de diagnosticarla; por lo tanto los médicos, en general, deben estar alerta en relación con los riesgos profesionales.

En la actualidad, tanto organismos oficiales, como asociaciones de industriales e instituciones de seguridad social, manejan la información pro-

cedente del reporte de vigilancia de casos a través de programas de computadora, de manera que se facilite la labor encomendada de atender riesgos del trabajo.

Cuando la legislación laboral prevé multas o el pago de primas mayores o cotizaciones de un monto más elevado a compañías de seguros o instituciones de seguridad social, en proporción con los accidentes de trabajo y las enfermedades profesionales, la utilización de sistemas de vigilancia y seguridad en el trabajo se incrementan en forma considerable.

Formularios para reportes de casos de riesgos profesionales

Los formularios que se utilizan para reportar los casos pueden tener variaciones de acuerdo con la etiología de los riesgos, pero de cualquier manera se requiere una información general que puede sintetizarse como sigue:

1. Datos generales: Nombre, dirección, número de teléfono, edad, sexo.
2. Información del proveedor de servicios médicos: Nombre, dirección, número de teléfono, especialidad, tipo de atención.
3. Información del lugar de trabajo: Nombre del empleador, dirección, teléfono, tipo o giro de la industria, número de empleados, datos del caso al empezar la labor.

Información clínica: Datos de síntomas de inicio del padecimiento.

Síntomas: Descripción, localización, duración, número de veces que se presentan.

Hallazgos de exploración física: Puntos dolorosos, deformación o anomalías, cambios en la piel, etc.

Departamento: Área de trabajo del caso.

Ocupación más importante, actividades o deberes que realiza el individuo.

Número de empleados que tienen condiciones de trabajo similares.

Número de compañeros de trabajo que tienen síntomas similares al del caso.

Análisis y pruebas de gabinete que se hayan realizado.

Descripción de factores de riesgo al realizar las tareas como movimientos, contaminación ambiental, ruido, presiones mecánicas, así como todas aquellas asociaciones temporales entre los síntomas referidos y el tipo de trabajo que se realiza.

Señales de alarma o centinelas en relación con la salud en el trabajo y el análisis de los certificados de defunción

Todos los certificados de defunción son expedidos por médicos y recogidos por las oficinas del registro civil y el departamento de salud, según el tipo de organización con que se cuente.

Con estos datos se elabora una lista de ocupaciones y de industrias relacionadas con los individuos fallecidos. Dentro de esta línea se consideran cinco categorías:

1. Los fallecimientos que no corresponden a causas de tipo laboral.
2. Cuando los fallecimientos corresponden solamente a la industria.
3. Cuando la muerte de la persona se debió exclusivamente a su ocupación.
4. Cuando se supone que tanto la ocupación de la persona como la industria para la cual laboraba constituyeron la causa de muerte, y
5. Cuando el fallecido no mostró ninguna posibilidad de que la causa de su muerte se considerara relacionada con una situación laboral a pesar de que pudo haber trabajado en una industria o en tareas que pudieron haber causado el deceso. De estas categorías se recogen los datos de: Sexo, edad, ocupación específica e industria, procurando hacer grupos con los que posiblemente se relacionan con algún tipo de ambiente laboral.

En términos generales, se ha encontrado que es recomendable que aparezcan en las mencionadas listas los siguientes padecimientos que pueden constituir los signos de alarma o centinelas en caso de riesgos del trabajo.

La tabla 14-13 es un ejemplo de los padecimientos que se utilizan en el procedimiento de eventos o signos de alarma o centinelas y su código.

Tabla 14-13

<i>Causa de muerte</i>	<i>Código interno</i>		
• Tuberculosis pulmonar	0.11.0-011.9	• Leucemia	
Silicotuberculosis	502	• Linfoide	2 04.0-204.9
Peste	020.0-020.9	• Mieloide	205.0-205.9
Tularemia	012.0-012.9	• Eritroleucemia	207.0-207.8
Antrax	022.0-022.9	• Anemia aplásica	284-8-284.9
Brucelosis	023.0-023.9	Anemia hemolítica adquirida	283.1-283.9
Tétanos	037	• Agranulocitosis o neutropenia	288.0, 288.9
Rubeola	056.0-056.9	Metemoglobinemia	289.7
Hepatitis A	070.0-070.1	Encefalitis tóxica	323.7
Hepatitis B	070.2-070.3	• Efectos tóxicos por plomo (incluyendo humos)	984
• Hepatitis crónica	571.4	Mal de Parkinson	332.1
• Cirrosis hepática (no alcohólica)	571.5, 571.8, 571.9	Ataxia cerebelosa	334.3
• Hepatitis no A, no B	070.4-070.9, 573.5	Neuropatía inflamatoria tóxica	357.7
Rabia	071	Alveolitis extrínseca alérgica	495.0-495.9
Ornitosis	073.0-073.9	• Asma extrínseca	493.0, 493.9
• Hemangiosarcoma del hígado y de otros sitios no especificados.	155, 171.5, 171.9 160.0, 160.1, 160.3 160.4, 160.5, 160.8 160.9	Asma por detergente	507.8
• Tumor maligno de la laringe	161.0-161.9	• Neumoconiosis y antracosis	500, 505
• Tumor maligno de la tráquea, bronquios y pulmón	162.0-162-9	Asbestosis	501
• Mesotelioma		Silicosis y talcosis	502
• Retroperitoneo y peritoneo	1158.0-158.9	Beriliosis	503
• Pleura	163.0-163.9	Bisinosis	504
• Tumor maligno en el hueso	170.0-170-9	Bronquitis aguda y pneumonitis	506.0-506.9
• Tumor maligno en escroto	187.7-187.9	Edema pulmonar por humos y vapores	507.1
• Tumor maligno en la vejiga	188.0-188.9	• Hepatitis tóxica	570, 573.3
• Tumor maligno en el riñón y órganos urinarios	189.0-189-9	• Insuficiencia renal aguda	584,0-584.9
		• Insuficiencia renal crónica	585
		• Insuficiencia renal inespecífica	586

Códigos investigados en los eventos de salud tomados como signos de alarma o centinelas en riesgos profesionales

Es necesaria una evaluación a través de una vigilancia de las situaciones peligrosas tanto para enfermedades como para accidentes del trabajo, para lo cual hay que realizar un registro que contenga no sólo los datos generales de las personas, sino el tipo de peligros y los lugares de exposición. De acuerdo con esto se desarrolla el análisis de los datos y como consecuencia de lo anterior se adoptan las medidas preventivas pertinentes.

Esto permite realizar predicciones acerca de las enfermedades profesionales y permitirá planear inspecciones dirigidas hacia condiciones peligrosas, servicios médicos de emergencia y programas educativos, así como llevar a cabo investigaciones epidemiológicas encaminadas a la prevención o corrección de las condiciones peligrosas.

Vigilancia de situaciones peligrosas en enfermedades venéreas

Cuando existe un registro detallado de la exposición de las situaciones peligrosas o insalubres, la supervisión permite identificar con precisión a qué nivel existen condiciones más severas y también las categorías de los empleados que pueden estar mayormente expuestos y su protección más efectiva; asimismo pueden realizarse seguimientos de los casos e intervenir con acierto.

Una etapa más avanzada de la vigilancia de las condiciones peligrosas la constituye el empleo de computadoras para registrar la información, lo cual permite señalar los límites de exposición de cada uno de los individuos y facilita al mismo tiempo la inspección.

Para complementar estas actividades son de extraordinaria ayuda los análisis clínicos y las pruebas de gabinete especializadas.

Otra estrategia utilizada en la supervisión de condiciones peligrosas consiste en el monitoreo de grupos de trabajadores que están expuesto a agentes que son muy conocidos como productores de daños a la salud, lo cual permite junto con las medidas preventivas conseguir un bajo nivel

de exposición de los individuos a las sustancias patogénicas.

En la metodología de la supervisión de condiciones peligrosas o insalubres en las industrias y otras actividades laborales se considera importante tomar en cuenta los puntos siguientes:

1. Detectar a qué están expuestos los trabajadores en un determinado lugar de trabajo.
2. Qué se ha hecho para controlar dicha exposición.
3. Qué agentes afectan a la mayor parte de los trabajadores.
4. Dónde se encuentran mayormente expuestos los trabajadores.
5. Qué daños a la salud pueden producir las exposiciones a los riesgos de trabajo
6. Qué cambios en la exposición a riesgos laborales se pueden prever.

Sin embargo, no siempre se logran todas las condiciones que permitan a los trabajadores laborar al abrigo de agentes químicos, físicos y biológicos que inciden en la salud de éstos.

Recientemente, en los Estados Unidos de América se ha observado un gran desarrollo de la vigilancia de riesgos del trabajo; a partir de la década de los 70's, en 1986 se estimó que 5.6 millones de accidentes ocurrieron en la Unión Americana durante este año, lo cual representa una tasa de 7.9 accidentes de trabajo por cada 100 empleados que trabajan a tiempo completo. Desde luego hay industrias de mayor riesgo, como las que fabrican, metales estructurales, empacadoras de carne, etc. Aproximadamente el 46% de todos estos accidentes fueron lo suficientemente severos para requerir que los trabajadores estuvieran en reposo o que restringieran sus actividades algunos días después del accidente. Cerca de 11,000 trabajadores mueren anualmente por heridas de traumatismos del trabajo y sólo la compensación que se debe pagar por estos casos ascendió a cerca de 35 mil millones de pesos en el año de 1986.

Los accidentes de trabajo afectan la productividad y competitividad de una empresa tanto por el costo como por la pérdida de tiempo de los trabajadores que auxilian al herido y la sustitución del trabajador lesionado por otro que puede no tener la misma experiencia, los gastos financieros de la

curación y rehabilitación del trabajador, los subsidios por la pérdida del trabajo, compensaciones, pagos funerarios y compensaciones a la familia, independientemente del dolor y el sufrimiento.

Vigilancia de accidentes

En total, sumando costos de atención médica, posiblemente se han gastado 60 millones de dólares anualmente, independientemente de que se afecta la productividad en cada accidente, de tal manera que se ha calculado que por cada accidente de trabajo se pierden 14 mil dólares sólo por el tiempo perdido de los trabajadores, independientemente del costo que implican las pensiones para los permanentemente incapacitados, además de la pena, el dolor y pérdida de vidas, lo cual es inestimable.

La epidemiología de accidentes de trabajo debe involucrar el estudio de la distribución y causas determinantes de los accidentes de trabajo en la población que labora, lo cual incluye:

1. La descripción del estado de salud medida a través de la incidencia de accidentes por grupos de trabajo.
2. La explicación de la etiología de las lesiones, determinando si se trata de condiciones físicas, conductuales, organizacionales y otros factores de exposición que implican factores de riesgo de los accidentes de trabajo.
3. La predicción del número de accidentes y su distribución dentro de una población en forma aproximada.
4. El diseño de medidas que permiten prevenir accidentes en el futuro al realizar actividades que eliminan los factores causales de los riesgos, erradicando éstas cuando sea posible, al mismo tiempo que se establecen medidas de rehabilitación temprana a los incapacitados.

Los estudios epidemiológicos relativos incluyen desde luego cifras y tasas asociadas con condiciones peligrosas, estudios de cohortes y de cortes transversales, estudio de casos relacionados con las tasas de incidencia y prevalencia, estudios de riesgos relativos y riesgos estimados: dosis, análisis de curvas de respuesta y pruebas estadísticas de significancia.

Obviamente los requisitos de la vigilancia de accidentes de trabajo es un sistema de información que provee en forma clara datos sin sesgos de los eventos, sus tendencias, los factores etiológicos y factores de riesgo, la determinación de la población en riesgo y las tendencias de los accidentes en relación con la prevención o actividades de vigilancia, así como los órganos afectados por estos riesgos de trabajo.

Otro procedimiento estadístico lo constituyen los censos que generalmente se realizan utilizando un sistema codificado de 3 dígitos. Estos censos en los Estados Unidos incluyen no sólo "estimados" que presentan el tipo de ocupación estratificado por edad, sexo y raza, cifras que se complementan con las estadísticas derivadas de los certificados de defunción, así como los reportes de las prestaciones en dinero y otras compensaciones económicas derivadas de los riesgos profesionales que pueden referirse a niveles regionales y locales y recogerse periódicamente por ejemplo cada decenio.

Los datos básicos en relación con accidentes y enfermedades pueden obtenerse por muestreos al azar, de establecimientos cuyo número reúna las características para ser representativo; estos datos se recogen por encuesta y se pueden excluir establecimientos que empleen a menos de 11 trabajadores; dichos instrumentos estadísticos se pueden aplicar a nivel nacional, regional o local a través de oficinas gubernamentales y dependencias que regulan las condiciones de salud y seguridad derivadas de aspectos legales.

Estas encuestas recogen datos de muertes por todos los riesgos profesionales reportados por los empleadores, enfermedades y heridas que involucren restricción del trabajo y del movimiento, transferencias a otro tipo de ocupación o atención médica necesaria más allá de los primeros auxilios.

Las tasas de incidencia bruta se calculan derivadas de todos los eventos reportados en la encuesta, así como los eventos reportados en relación con el total de horas empleado laboradas. Estas encuestas son demasiado generales, pues no proveen detalles de los accidentados, en relación con los factores de riesgo: edad, experiencia, género, etc.

En las altas de los servicios normales y de emergencia en los muestreos realizados se ha encontrado que son útiles los reportes de las altas que proporcionan los hospitales: éstos recogen los factores básicos de la naturaleza y ocurrencia de los accidentes de trabajo, proporcionando datos sobre la etiología, la naturaleza del evento, la parte u órgano del cuerpo afectada, las condiciones peligrosas, la dependencia relacionada con el accidente, el acto inseguro y la severidad del accidente.

Para la recolección de los datos anteriormente expuestos se requiere, lo mismo que en los procedimientos antes descritos, el establecimiento de códigos para hacer más fácil la tabulación de las cifras.

En los Estados Unidos, en la industria, se observan las tasas más altas de accidentes en las empacadoras de carne, las fábricas de vehículos, las de transformadores y equipo eléctrico, las troqueladoras y estampadoras de metal, los constructores de equipo eléctrico, las manufactureras de maquinaria y finalmente las productoras y transformadoras de lácteos, productos plásticos, almacén de alimentos y productoras de papel; todas ellas en relación con síndromes de las vainas de los tendones del carpo.

Las amputaciones de miembro superior se observan en aserraderos y fábricas de muebles de madera, industrias que manejan sierras, fábricas que reciclan material de desecho de muebles, de habitación, forjas y estampado de metales, plantas de empaquetado y las de carne, etc.

Las estrategias para la vigilancia e intervención están relacionadas con la evaluación de las condiciones peligrosas y los factores que intervienen en un accidente. La evaluación de la condición peligrosa puede consistir en análisis de puestos para determinar la relación entre el tipo de trabajo y los riesgos; el método de trabajo es importante, pues permite suponer una tarea bien realizada a través del estudio de la posición del cuerpo, los movimientos y alcance del operador y el diseño de las herramientas adecuadas.

Un análisis más profundo consiste en analizar las actividades de la tarea y establecer cuáles son los factores de riesgo tales como acciones repetitivas, requerimientos de fuerza, fatiga del

sistema musculoesquelético y fatiga física por el lugar de trabajo.

Después de una evaluación de las condiciones peligrosas, deben incorporarse estrategias de prevención como: controles, equipo de protección personal, prácticas laborales mejoradas, controles administrativos y de ingeniería y monitoreo de los lugares de trabajo. Hay especialistas que recomiendan cuatro capítulos en el control de problemas de salud:

1. La identificación de los problemas.
2. La identificación de los factores de riesgo.
3. El establecimiento de medidas de control.
4. La evaluación de las medidas de control.

Estas reglas pueden aplicarse a los riesgos de trabajo y evaluar la efectividad de la inspección que consiste en observar una reducción de las visitas médicas, la reducción de los gastos y la mejora de la calidad del producto, la satisfacción del empleado y un incremento en su productividad; sin embargo, hay que estar pendiente de cambios en el tipo de producción en relación con la tecnología, a fin de incorporar los avances en este campo.

De aquí la ventaja de que al identificar la población expuesta a riesgo de trabajo conociendo: edad, género, industria y otros detalles, se puede intervenir con éxito a fin de que, al realizar una bien establecida vigilancia en las instalaciones en general y enfocando las áreas específicas, se pueda disminuir la incidencia y prevalencia de riesgos profesionales.

El monitoreo clarifica y determina la importancia relativa de las condiciones peligrosas, o sea la población expuesta, y la contribución que tienen dichas condiciones para producir un accidente, o sea el riesgo atribuible y describir las asociaciones entre las condiciones peligrosas y el accidente.

En un amplio sistema de monitoreo es necesario proveer la información detallada sobre el tipo de producto, de manera que el programa de vigilancia determine si las piezas que constituyen el equipo de trabajo por sus características de diseño pueden significar un riesgo para el operador.

En lo referente a codificación, se puede decir que por lo menos hay dos niveles en el sistema:

uno se refiere al esquema general que codifica todo tipo de accidentes, otro que contenga el detalle de los tipos de accidentes, que puedan utilizarse y para investigación.

Los reportes relacionados con la salud de los trabajadores deben tener las especificaciones patológicas que han causado el accidente, independientemente del lugar del tratamiento y por supuesto el estado del paciente al ser dado de alta.

En muchas legislaciones relacionadas con los seguros de riesgos profesionales, la mayor prevalencia e incidencia de accidentes clasifican a la industria en donde se originan en grupos industriales de mayor riesgo y que obviamente requieren el pago de contribuciones a la institución de seguridad social de mayor monto, lo cual despierta el interés de los empleadores por analizar los factores de riesgo dentro de sus empresas. Lo mismo se puede decir del análisis de los factores en particular que conducen a un accidente, en que la prioridad está relacionada con el desarrollo de modelos que pueden evaluar los análisis en los lugares precisos en donde se presentan los factores del riesgo y las estrategias de vigilancia e inspección deben relacionarse con evaluaciones técnicas que determinen mejor los factores de intervenciones que reduzcan la morbilidad y mortalidad en este campo que sin duda están claramente ligados al análisis de los factores causales.

Estudios sobre mortalidad y riesgos profesionales

Las investigaciones sobre la mortalidad relativa a riesgos profesionales se han investigado por estudios hechos en cohortes laborales en que la población en riesgo se sigue en un estudio longitudinal o histórico en un lugar de trabajo en particular; la mortalidad se registra partiendo del certificado de defunción, debidamente codificado y cuando el estudio cubre todas las empresas se acepta la mortalidad por riesgos de trabajo de toda la población. Esto puede aceptarse como una buena medida patológica para la vigilancia de la mortalidad que se menciona.

Hay muchos países que utilizan este procedimiento; sin embargo, hay veces que la mortalidad

atribuida a riesgos de trabajo presenta algunos problemas de interpretación o cuando hay un cambio en la industria de una región y algunos padecimientos pueden considerarse enfermedades latentes debidas a exposiciones previas.

La vigilancia de la mortalidad laboral es particularmente importante para evaluar la clase específica de los riesgos, sobre todo en pequeñas empresas o industrias en donde no existen estudios de cohorte pero sí riesgos de trabajo. Por ejemplo, hay un riesgo excesivo de cáncer en la vejiga en los empleados de las gasolineras; asimismo se ha incrementado la mortalidad de cáncer en el pulmón en los obreros que se dedican a reparar automóviles y varios tipos de cánceres en porteros y personal de limpieza de algunos lugares, debido a que estos trabajadores están expuestos a una multitud de substancias tóxicas que es difícil de estudiar por el procedimiento de cohortes. Esto implica reconocer una serie de limitaciones que tiene el proceso de vigilancia de la mortalidad laboral; sin embargo, el profundizar en los detalles de la información complementándola con los datos que provienen de la consideración de exposiciones a condiciones peligrosas, pueden orientar para descubrir estas situaciones, en algunos casos los datos que conduzcan a poner de manifiesto la exposición a los riesgos profesionales son soslayados por los propios empresarios y esto naturalmente incrementa la mortalidad.

Deben incrementarse los esfuerzos para afinar el diagnóstico de causa de muerte cuando se sospecha un padecimiento profesional, pues en muchos casos una definición precisa del diagnóstico causal del fallecimiento puede ocultar la mortalidad por riesgos profesionales.

Una condición complementaria es el operar registros adecuados sobre la mortalidad por riesgos profesionales que en muchos casos son poco complejos, por lo que se puede concluir que en este tema deben estar interesados los empresarios, los trabajadores, los servicios médicos y las instituciones de salud y seguridad en el trabajo.

Los registros en relación con los fallecidos por cáncer deben ser estudiados con todo detenimiento, pues pueden derivarse índices importantes no sólo del tipo de cáncer sino de los estudios anatomopatológicos de éste, que se relacionan

con la edad, sexo, grupo étnico, ocupación, residencia, etc.; asimismo son importantes los resultados del tratamiento, las recidivas y la supervivencia. Estos estudios han arrojado luz sobre una serie de casos en los que se define con precisión el riesgo que tiene el trabajador de adquirir cierto tipo de cáncer; de acuerdo con la etiología de estos padecimientos, deben enfocarse los estudios de pesquisa y tamizaje.

Los sistemas de las prestaciones económicas para los trabajadores

La protección social y económica para los trabajadores que sufren riesgos del trabajo ha venido desarrollándose cada vez más, en la medida que se industrializan los países, a pesar de las dificultades que existen en la determinación de la etiología de las enfermedades profesionales, pues en el caso de los accidentes de trabajo, la causa es obvia y la protección se ha extendido en muchos países al considerar el riesgo del trayecto del domicilio del trabajador y su lugar de trabajo y viceversa, de tal manera que la necesidad de recurrir a los tribunales a demandar una pensión por una enfermedad laboral es cada vez menor, máxime si un sistema de seguridad que se considera imparcial en relación con el obrero o el empresario, provee las prestaciones económicas necesarias y las leyes laborales son precisas en lo que se refiere a estas situaciones.

En resumen, las fuentes de datos para la vigilancia de las enfermedades profesionales prometen avances sustanciales para reconocer y controlar estos padecimientos, en particular la vigilancia de la mortalidad ha demostrado ser de gran utilidad para conseguir el fin que se persigue y la computarización de los datos estadísticos ha sido de gran ayuda, pues han permitido la difusión de los conocimientos a otras áreas y ligar la información de varias regiones o países, por lo que debe considerarse que los sistemas de vigilancia no deben funcionar aislados sino compartiendo experiencias con otras instituciones que tienen objetivos similares: de esta manera ha sido posible reconocer y aun prevenir enfermedades que tienen largos periodos de latencia, que antes no se identificaban y que son las que van a ocasionar mayor

sufrimiento, mayores erogaciones en atención médica, subsidios por incapacidad o compensaciones y pensiones en caso de muerte.

En estas condiciones se han podido operar mejores programas de prevención, de acuerdo con los sistemas de vigilancia.

Daños en los órganos de reproducción

Últimamente se ha registrado un mayor cuidado en los daños que inciden en el padre, la madre o ambos y provocan daños a los descendientes.

Entre estos daños se incluyen agentes que provocan esterilidad, abortos espontáneos, alteración en el sexo del producto, muerte fetal, muerte neonatal, bajo peso al nacer, malformaciones congénitas, tumores malignos de la infancia, presencia de invalideces y mortalidad infantil.

La vigilancia en estos casos requiere el registro cuidadoso de eventos relacionados con la muerte fetal, perinatal o infantil, así como alteraciones de las proporciones de sexo, de bajo peso al nacer o de defectos congénitos y relacionarse con el tiempo de exposición en madres, o de ambos padres, o de uno de ellos, así como de abortos espontáneos y esterilidad en la pareja. Algunos especialistas han recomendado el estudio de las causas del aborto espontáneo, así como de las anomalías en los productos a fin de determinar si se trata de problemas del óvulo o del espermatozoide, o daños en el desarrollo embrionario.

La vigilancia y el monitoreo, relacionados con esta problemática, pueden prevenir eliminando la condición peligrosa, los resultados dañinos en lo que se refiere a las funciones de reproducción de la población expuesta. Para este objeto se aplicarán los métodos de vigilancia que se han descrito como tradicionales en el campo de la salud pública; los puntos más importantes se refieren a:

1. Distinguir la relación entre los daños a la función reproductora y la exposición a riesgos en el lugar de trabajo, independientemente de conductas personales tales como tabaquismo, alcoholismo y consumo de drogas.
2. Los daños en el área reproductiva representan una interacción en el material genético del individuo y las condiciones ambientales y su relevancia está relacionada con la dura-

ción y el tiempo de exposición diaria a estas condiciones, hay que considerar que no todos los individuos responden en la misma forma al mismo tipo de exposición, lo cual complica la determinación causal de los padecimientos; lo mismo sucede en lo referente a sexo.

3. Buena parte de las causas de los daños a la salud producidos por agentes químicos, físicos o biológicos, son aún desconocidos, asimismo la combinación y potenciación de 2 o 3 factores.
4. El establecimiento de las asociaciones causales entre el lugar de trabajo y la salud reproductiva es difícil, en muchos casos un solo tóxico puede producir varios trastornos que afectan el área genital y otros órganos o sistemas.

La vigilancia amplia de estos daños a la salud es aún incipiente, por lo que se requiere mayor investigación en este caso.

Bibliografía

1. Baker EL, Honchar PA, Fine LJ. Surveillance in Occupational Illness and Injury: Concepts and Content. *AJPH* December 1989, Vol. 79 Supplement. Pag. 9-12.
2. Ehrenberg RL. Use of Direct Surveys in the Surveillance of occupational Illness and Injury. *AJPH* December 1989, Vol. 79, Supplement. Pag. 12-15
3. Ehrenberg RL, Sniezek JE. Development of a Standard Questionnaire for Occupational Health Research. *AJPH* December 1989, Vol. 79, Supplement, pag. IS - 17
4. Baker EL. Sentinel Event Notification System for Occupational Risks (SENSOR): The Concept. *AJPH* December 1989, Vol. 79, Supplement. Pag. 18 - 20.
5. Matte TD, Baker EL, Honchar PA. The Selection and Definition of Targeted Work Related Conditions for Surveillance under SENSOR. *AJPH* December 1989, Vol. 79 Supplement. Pag. 6-23
6. Froines J, Wegman D, Eisen E. Hazard Surveillance in Occupational Disease. *AJPH* December 1989, Vol. 79 Supplement. Pag. 26-28.
7. Sundin DS, Frazier TM. Hazard Surveillance at NIOSH. *AJPH* December 1989, Vol. 79, Supplement. Pag. 32 -33.
8. Hanrahan LP, Moll MB. Injury Surveillance. *AJPH* December 1989, Vol. 79, Supplement. Pag. 38-40.
9. Melius JM, Sestito, JP, Seligman PJ. Occupational Disease Surveillance with Existing Data Sources. *AJPH* December 1989, Vol. 79, Supplement. Pag. 46-48.
9. Bregman DJ, Anderson KE, Buffler P, Salg J. Surveillance for Work-Related Adverse Reproductive Outcomes. *AJPH* December 1989. Vol. 79, Supplement. Pag. 53-56.
10. Welch L. The Role of Occupational Health Clinics in Surveillance of Occupational Disease. *AJPH* December 1989, Vol. 79, Supplement. Pag. 58-60.
11. Baker EL. Challenges for the Future. *AJPH* December 1989, Vol. 79, Supplement. Pag. 61 - 67.
12. Feldman JP, Gerber LM. Sentinel Health Events (Occupational): Analysis of Death Certificates among Residents of Nassau County., NY between 1980-82 for Occupationally Related Causes of Death. *AJPH* February 1990, Vol. 80, No. 2. Pag. 158-160.

VALORACIÓN DEL RIESGO

Doctor Shain Ralph

Doctor Ernesto Kahan (traducción)

Doctor Manuel Barquín Calderón

Introducción

El uso de la valoración del riesgo en el campo de la medicina del trabajo, de la seguridad ambiental y de la salud es un desarrollo relativamente reciente. Como la sociedad está cada vez más alerta en la prevención de peligros potenciales para la seguridad y el bienestar, ha desarrollado una metodología más o menos sistemática que le permite establecer prioridades para invertir tiempo y dinero en la investigación y prevención de estos riesgos. Tal metodología, conocida como valoración del riesgo, fue originalmente introducida a fin de evaluar nuevas tecnologías: la energía nuclear, las actividades aeroespaciales y en recientes años han intentado adaptar esta valoración de riesgo como herramienta de la seguridad ambiental y del trabajo. Un gran número de profesionales de diversos campos de la ciencia y de la tecnología, tales como los de toxicología, ingeniería, epidemiología, estadística, expertos en seguridad industrial e higiene, etc., han intentado adaptar las tecnologías de la valoración del riesgo en estas áreas a la de la higiene y la seguridad industrial.

Es importante darse cuenta que tales tecnologías aplicadas a los diversos análisis, producen resultados numéricos exactos que muchas veces son confusos o mal interpretados. Por ejemplo, la

cifra de uno en un millón de probabilidades de desarrollo del cáncer debido a la exposición a una sustancia supuestamente carcinogénica puede ser interpretada en forma diferente por científicos, abogados, políticos, gerentes de industria y por los mismos trabajadores expuestos. Cuando se usa la valoración del riesgo con la metodología que se propondrá más adelante, se debe estar en el entendido que tales percepciones difieren muy ampliamente de caso a caso y nunca creer que se trata siempre de cifras exactas. Es más, cuando se lee una publicación acerca de nuevas y peligrosas sustancias que se acompañan de algún riesgo cuantitativo al practicar su valoración, se debe tener presente que en muchos casos estas valoraciones numéricas de los riesgos cambian con los años.

Cada vez son más potentes las herramientas que permiten manejar con éxito incertidumbres variadas en la valoración de riesgos; muchas veces se pueden identificar aspectos insignificantes en la existencia de riesgos que permiten invertir recursos disponibles con adecuada relación de costo-efectividad; cuando esto se realiza correctamente permite además que comités legislativos y gerenciales enfoquen su atención en los riesgos más importantes en el lugar de trabajo y así contribuir a la seguridad y a la salud de los empleados.

Definición y valoración de riesgo

Para los propósitos de este apartado se puede definir el riesgo a valorar como un evento cuya presencia no medida en forma precisa aparece como indeseable. En el campo de la seguridad y salud en el trabajo es un evento que puede considerarse como la probabilidad de causar un daño a la salud de los trabajadores.

La valoración del riesgo es una metodología por la cual se identifica, describe, cuantifica e interpreta riesgos correspondientes a sustancias químicas, actitudes, conductas, procesos industriales, y otros eventos relacionados con el trabajo. Esta definición es muy amplia y enfoca no solamente los campos que comprenden a los aspectos técnicos y científicos necesarios para identificar y cuantificar la exposición al agente y el daño probable, sino también incluye la evalua-

ción y el manejo de estos riesgos; obviamente una definición tan amplia obliga a la participación de un gran número de personas y disciplinas gerenciales en el proceso de valoración de riesgos. Esto, a su vez, requiere que todos estos técnicos y responsables, aparte de entender todas y cada una de las disciplinas, sean capaces de comunicarse unos con otros y con el público en una forma apropiada.

Esta definición "ideal" del proceso de la valoración del riesgo implica la integración exitosa de todos los individuos que profesan las diversas disciplinas involucradas y está expuesta al fracaso debido a la mala comunicación o a la falta de entendimiento entre los diversos actores.

La metodología de la valoración del riesgo

La metodología de la valoración del riesgo puede dividirse en dos grandes campos o procesos; el primer proceso es básicamente técnico-científico y se relaciona con la identificación de agentes que potencialmente puedan producir siniestros o daños, con la estimación subsecuente de la probabilidad de la ocurrencia del daño y con la medición del impacto cuantificable de esos riesgos en la salud y la seguridad del individuo. Aun cuando este proceso llamado a menudo determinación del riesgo está generalmente basado en hechos y modelos específicos atingentes, puede no siempre ser enteramente objetivo. La persona que esté encargada en evaluar los riesgos, al elegir dichos hechos y modelos puede estar impregnada de gran dosis de subjetividad.

El segundo proceso en que se divide la metodología de la valoración ha sido con frecuencia relegado a la evaluación y manejo de los resultados obtenidos en la cuantificación de los riesgos, y a la determinación del impacto que estos daños hacen al individuo y a la sociedad. Tal evaluación puede generar el control de los riesgos o en algunos casos únicamente a evitar o tolerar los riesgos.

Con cierta frecuencia los científicos que participan en el proceso de evaluación aduciendo la relativa subjetividad de los procesos de valoración, renuncian a este proceso: en tal caso ese personal bien calificado científica o tecnológicamente

mente, al no involucrarse en el proceso evaluativo, deja de comunicar a otros sus dudas y reservas.

Por tal razón la identificación del riesgo y las estimaciones relativas a la toma de decisiones, frecuentemente, presentan sesgos, que no pocas veces resultan equivocadas en relación con la salud de los trabajadores.

Por lo tanto es imperativo que la comunidad técnica y científica que participa en el proceso de referencia, actúe en todas las fases del proceso de valoración del riesgo, incluidas las que involucren tomas de decisiones que impliquen asignar suficientes recursos para la implementación de los cambios que surgen de la valoración del riesgo.

Identificación de riesgos o peligros

El proceso de valoración del riesgo se inicia con esta fase e incluye dos sub-identificaciones: la de los agentes o peligros y la de las condiciones bajo las cuales pueden actuar para producir impactos en detrimento de la salud de los trabajadores. Para algunos agentes físicos o químicos existen tecnologías bien establecidas para evaluar efectos negativos; por ejemplo: la corrosividad de una sustancia, la ignición o la posibilidad de explosión, la energía involucrada o transmitida, etc. Sin embargo, los efectos adversos a la salud son a veces más difíciles de interpretar; por ejemplo: las medidas de la toxicidad, de la acción carcinogénica o mutagenética, la teratogenicidad; y los cambios de conducta que a menudo requieren las más "sofisticadas" investigaciones y técnicas analíticas. Éstas incluyen estudios epidemiológicos en animales (*in vivo*) o estudios de células y tejidos en cultivo (*in vitro*), y pruebas recientes como el estudio la actividad estructural y los análisis relativos.

Los estudios epidemiológicos cuando son bien planeados y conducidos y analizados, proporcionan las mejores fuentes de identificación de riesgos o peligros potenciales para la salud. Desafortunadamente muchos de los estudios más exhaustivos han sido de agentes de riesgos que ya han afectado la salud de un gran número de individuos. Por ejemplo, se han producido daños por

efectos del plomo, del asbesto y de fumar. Estos agentes se identificaron mucho tiempo después de que ya habían producido daños en gran parte de la población, y por lo tanto, se perdió un tiempo precioso que pudo haberse empleado en la prevención y/o curación de las personas afectadas por esos riesgos. Con frecuencia los especialistas no pueden darse el lujo de estudiar nuevos factores de riesgo porque la mayoría se encuentran ya comprometidos a realizar estudios de otros factores. A veces las limitaciones de los estudios epidemiológicos se deben a la falta de experimentaciones controladas y estrictas de las exposiciones a múltiples fuentes de riesgo y en muchos casos a una baja sensibilidad de los instrumentos utilizados en los estudios. Por lo que muchos de estos estudios son, generalmente, incapaces de detectar pequeños incrementos de riesgo a menos que el estudio se efectúe en una muestra de población muy grande. Cuando los niveles de exposición son bajos, lo que es común en el caso de las exposiciones crónicas dentro del trabajo es muy difícil tratar los efectos adversos para la salud. Luego la potencia estadística lograda por los "tests" en algunos estudios es muy baja como para obtener conclusiones definitivas sobre el riesgo en estudio.

Cuando se emplean estudios epidemiológicos con el propósito de identificar riesgos, se tiene que responder a un gran número de preguntas en relación con el valor relativo de los estudios con hallazgos positivos, cuando se comparan con estudios que presentan hallazgos negativos; con el nivel de significación estadística, de los hallazgos positivos, con la existencia de respuestas diferentes o combinadas entre los expuestos a los riesgos, etcétera.

Para la mayor parte de los riesgos no hay datos epidemiológicos adecuados ni suficientes datos relativos a la clínica en seres humanos. Solamente existen datos basados en estudios que se han practicado en animales vivos; más aún, en estudios que se han realizado en forma casi oculta, debido a los ataques que realizan en contra de estas actividades en muchos países las asociaciones protectoras de animales. La mayor parte de los ensayos en animales pueden ser divididos en tres categorías: estudios de exposición aguda,

estudios de exposición subcrónica y estudios de exposición de larga duración.

Los estudios de exposición aguda miden básicamente los efectos de corto plazo e incluyen la exposición de los animales a niveles relativamente altos del agente de riesgo potencial durante un periodo corto (entre dos o tres días a dos semanas). Así se establecen los niveles de toxicidad aguda generalmente expresados como concentración letal para el 50% (LC50), toxicidad aguda (LD50) y límite de concentración letal (LCT50). Las exposiciones subcrónicas incluyen exposiciones repetidas en pocas especies de animales, durante un lapso mayor, generalmente de algunos meses, estos estudios arrojan datos expresados con las siglas: NOAEL (niveles de efectos adversos no observados); o LOAEL (el más bajo nivel que produce efectos adversos observados) y MTD (máxima dosis tolerada).

Los estudios de exposición crónica o de largo plazo comprenden dosis diarias y exposición continua de los animales de laboratorio durante cierto número de años. Estos estudios son poco frecuentes porque son caros, puesto que requieren gran cantidad de animales y por lo menos tres niveles de dosis.

Todos los datos de estudios practicados en animales tienen que ser interpretados para su utilización en la predicción de los daños agudos o crónicos que sufren los seres humanos, lamentablemente no son enteramente confiables como indicadores de riesgo, especialmente en lo que se refiere a carcinogénesis: por ejemplo: de cerca de 300 sustancias químicas que se han encontrado que producen tumores en estudios realizados en animales; se considera que sólo de 20 a 30 de ellas son cancerígenas para los seres humanos. Cuando se aplican los datos obtenidos en estudios practicados en animales *in vivo* a fin de identificar daños para los seres humanos, hay un gran número de preguntas que siguen sin contestar: ¿cuántas especies de animales deberán mostrar resultados positivos?, ¿hay que tener en consideración los resultados negativos?, ¿cuál es el factor aplicable a los datos de las sustancias agentes de riesgo con diferentes formas de metabolismo para las diferentes especies?

¿Cómo interpretar los estudios practicados en animales de laboratorio cuando las formas de exposición o la vía de administración de las sustancias en estos estudios son diferentes de las de los seres humanos?, ¿cómo pueden las dosis aplicadas a los animales y los efectos resultantes extrapolarse a los seres humanos?

Durante los últimos 10 años se ha observado un incremento en la realización de estudios *in vitro*, a corto plazo, de cultivos de células y tejidos para la identificación de riesgos potenciales. La insistente resistencia hacia el uso de animales para experimentaciones relacionadas con exposiciones a tóxicos coincidió con el avance revolucionario en el uso de células y tejidos cultivados para su aplicación en ingeniería genética. Ese desarrollo generó múltiples tipos de estudios (ensayos) *in vitro*, que vienen siendo aplicados para pruebas de genotoxicidad en mutágenos potencialmente dañinos para los seres humanos (¿sustancias carcinogénicas?). Sin embargo, estas pruebas aun siendo rápidas y de alta relación costo—efectividad son discutidas puesto que su valor predictivo para carcinogénesis es controvertido. Tal es el caso para el ensayo más frecuentemente usado: la prueba “AMES” que generalmente se considera que su positividad no es indicación definitiva de carcinogenicidad en humanos o mamíferos. Cuando la prueba “AMES” es negativa la probabilidad que la sustancia no sea carcinogénica en animales es aproximadamente del 50%.

La exactitud de tales pruebas *in vitro* es rebatible, principalmente porque no se entiende en forma clara cómo pueden ser causa de cáncer tales efectos en pruebas *in vitro*. La dificultad de extrapolar a los seres humanos resultados de pruebas *in vivo*, realizadas en animales, es infinitamente más compleja, pues se trata de una extrapolación de simples células a complejos organismos; otras pruebas *in vivo* que están reemplazando a las pruebas de toxicidad en animales son los cultivos de células del hígado, utilizadas para predecir la hepatotoxicidad, tejido nervioso para la neurotoxicidad, etc. Aún existen varios aspectos no resueltos relacionados con el uso de las pruebas *in vitro*, entre ellos el grado de confianza,

requerido para los resultados de las pruebas *in vitro* cuando se los comparan con resultados similares u opuestos en estudios epidemiológicos o en animales (*in vivo*); la potencia estadística que estas pruebas necesitan para predecir los agentes de riesgo potenciales y el relativo peso que se le debe dar a los resultados positivos cuando se les compara con hallazgos negativos.

Análisis de relación entre la estructura y la actividad

Estos análisis han sido siempre una herramienta para la identificación de riesgos en años recientes; el uso de modelos con estructuras estereoquímicas y de programas de computadora han enriquecido la metodología de estos análisis, tanto de estructura molecular y de propiedades físico-químicas y pueden ser indicativos de riesgos potenciales.

Sin embargo, diferencias insignificantes en las estructuras químicas o en las propiedades pueden ser el origen de grandes diferencias en lo relativo a características de riesgo.

Como se ha descrito arriba, hay un gran número de técnicas las cuales son capaces de permitir identificar los agentes de riesgo potenciales en nuestro entorno. Antes de proceder a invertir grandes cantidades de tiempo y esfuerzo en estimaciones de los efectos de estos agentes en la salud humana, puede ser benéfico realizar un simple análisis a fin de que se puedan establecer prioridades para los pasos subsecuentes en el proceso de valoración del riesgo. Este simple análisis se llama análisis preliminar de riesgo o PHA. El análisis consiste en listar todos los agentes de riesgo potencial en un proceso o en un lugar de trabajo asignando relativamente las consecuencias de la severidad resultante de la acción de este agente: muerte, enfermedad prolongada irreversible, pérdida moderada de la capacidad física, daño aún reversible, enfermedad banal o sin daño a la salud.

En adición se debe asignar un índice relativo a la probabilidad de sufrir un daño por la exposición al agente: cierto, casi cierto, posibilidad de ocurrir, baja probabilidad de ocurrencia o imposible. El tamaño de la población, expuesta a los ries-

gos junto con la combinación de la severidad y de la probabilidad de daño, son la base para diseñar un modelo para las prioridades posteriores de análisis y para las tomas de decisiones.

Estimación del riesgo

Después de haber determinado cuáles riesgos identificados son candidatos a futuras evaluaciones, se puede proceder al siguiente paso: la estimación del riesgo. El objetivo aquí es la estimación de la probabilidad o la severidad del daño a la salud humana.

La sola presencia de un agente de riesgo identificado en el lugar de trabajo no significa que haya un peligro inmediato para la salud del trabajador; a fin de que se estime tal situación como riesgo se debe determinar la magnitud de la fuente de la peligrosidad potencial del agente, la estimación del grado de exposición del trabajador a esta fuente, la dosis resultante y la predicción de la respuesta del cuerpo humano que recibe la agresión. Este riesgo debe considerarse como un insumo de la consecuente evaluación y proceso de manejo de tal eventualidad.

Hay cuatro clases principales de técnicas usadas para estimar la peligrosidad de la fuente de riesgo; esto cubre varios tipos de factores: el tipo de emisión de riesgo, la peligrosidad de éste, el tiempo y la duración de éste y la probabilidad de que el peligro se presente en determinadas circunstancias; las técnicas son: a) monitoreo, b) investigación de accidentes, c) realización de diversas pruebas y técnicas, y d) métodos y modelos estadísticos.

El monitoreo puede ser empleado para estimar la emisión o peligrosidad de la fuente de riesgo, tanto en el presente como en el pasado, y está relacionado con la recolección y análisis de muestras de aire y otros elementos en el ambiente en el lugar de trabajo. Sin embargo, esto no necesariamente predice el futuro comportamiento de las fuentes de riesgo, pero puede ser útil para predecir algunas condiciones que conduzcan a un riesgo de trabajo o siniestro; depende desde luego de la localización y representatividad de las muestras que se tomen y asimismo del equipo y de la habilidad que empleen los analistas. Esto sin

duda es una tarea que consume tiempo y dinero por lo que no puede ser usado para todos los agentes de riesgo.

Investigación de accidentes

La investigación de accidentes trata de determinar las causas o secuencias de los eventos que los provocaron y pretende predecir cómo evolucionará bajo una variedad amplia de condiciones operativas. Estas técnicas se enriquecen con los datos obtenidos por monitoreo, relacionado con el registro de datos para vigilancia, aun cuando la peligrosidad de las fuentes de accidentes son difíciles de medir puesto que el énfasis es puesto principalmente en el manejo de las consecuencias de los accidentes, y por ello hay pocos datos sobre las causas.

Las técnicas estadísticas son empleadas para analizar los datos de monitoreo, los expedientes de accidentes y los registros sobre el funcionamiento de los equipos a fin de estimar la probabilidad de la ocurrencia de accidentes en una fuente de agentes de riesgo. Es importante recordar que estas técnicas están limitadas por la cantidad de los datos analizados; y cuando éstos son escasos la incertidumbre es mayor puesto que es más grande la probabilidad de caer en errores.

En los últimos años se ha incrementado el uso de técnicas conteniendo modelos para la estimación de la peligrosidad potencial de las fuentes de riesgo. Estas técnicas han sido adaptadas de los sistemas de confiabilidad diseñados para la seguridad en el trabajo; en la producción y manejo de energía nuclear y de las industrias aeroespaciales; éstas incluyen los llamados: árboles de responsabilidad "Fault Trees" (árboles de falla), "Event Trees" (árboles de evento), "Failure mode, effects criticality analysis" "FMECA" (análisis del modo de los errores y efectos críticos y "Hazards and operability analysis" "HAZOP" (Análisis de los riesgos y las funciones).

Los "Fault Trees" son una descripción gráfica de la cadena específica de eventos o condiciones que se relacionan con la terminación indeseable (el accidente), por ejemplo, la emisión de un agente peligroso. Es por lo tanto un análisis de

"arriba" hacia "abajo" que empieza por el evento indeseable y sigue con las condiciones lógicas que dependen de éste y que describen todo un rango de causas en relación con el mencionado evento. En la medida que se grafica hacia abajo se afinan los análisis e hipótesis de trabajo de los sistemas que juntan los diversos componentes para terminar finalmente en el más bajo nivel del árbol, con un número determinado de eventos iniciales de fallas involucradas que desencadenan un accidente.

Se puede usar este esquema o modelo (Fault Tree) para calcular la probabilidad y magnitud de tales fuentes de emisión o producción de agentes de riesgo.

Estos árboles están generalmente diseñados para identificar las acciones que pudieron o no darse como respuestas concomitantes a los eventos iniciales. Los "FMECA", son modelos invertidos que tratan de determinar lo que resulta de la falla de cada uno de los pequeños componentes en un sistema y de cómo estas situaciones afectan los subsistemas y el sistema completo; HAZOP's está relacionado con el efecto de diferentes características operativas (mayor o menor temperatura, presión, etc.) en el sistema o proceso de las fuentes potenciales de emisión de riesgos.

Aun cuando estas técnicas de modelo se manifiestan como integrales y convincentes, a veces adolecen de gran número de dificultades, entre ellas: omisiones, que pueden subestimar riesgos, por ejemplo, no incluir todas las posibles maneras de participación humana, o los factores que conducen a error humano por parte de los operarios.

Estas técnicas que usan modelos tienen muchas veces limitada su aplicabilidad debido a que muchos indicadores presentan incertidumbres o porque existe algún evento no detectado (insensibilidad de la metodología) que es la causa común de muchos problemas.

Estimación de la exposición

La presencia de un agente de riesgo en el lugar de trabajo no significa que automáticamente provoque exposición a los trabajadores. El siguiente paso en la estimación de un riesgo es calcular o

medir directamente las cantidades o concentraciones a las cuales están expuestas las personas o las poblaciones. El trayecto, duración y condiciones de la exposición también pueden ser determinados. Las determinaciones típicas son aquellas que calculan directamente la concentración de los agentes de riesgo en un punto en particular de contacto con el trabajador (piel, área respiratoria, boca, etc.).

La mayor parte de estas evaluaciones resultan complicadas porque frecuentemente los trabajadores no están involucrados en actividades únicas o monótonas. El tipo de actividades y los lapsos de posible exposición a los agentes de riesgo, varían diariamente o por supuesto a lo largo de la vida.

Muchas estimaciones de exposición son promedios de grupos de trabajadores expuestos a lo largo de todo un día o toda una semana. Estas aseveraciones pueden ser poco representativas y conducentes a error en algunas exposiciones a riesgo. Las técnicas disponibles para la valoración de tales exposiciones permiten hacer analogías con otros agentes de riesgo, y ser aplicadas a monitoreos o modelos matemáticos. De esta manera las estimaciones de exposición para algunos agentes de riesgo ya conocidas pueden aplicarse por analogía a otros agentes similares; sin embargo, no proporcionan estimaciones exactas. El uso para técnicas de monitoreo y de modelos para identificaciones son más aceptables.

El monitoreo de la exposición puede usar técnicas similares a las de monitoreo de las fuentes de emisión ofreciendo datos más apropiados referidos a la superficie del individuo expuesto. El monitoreo personal tiene como objeto medir agentes de riesgo que respiramos, comemos, bebemos o con los cuales estamos en contacto a través de la piel. Los monitoreos biológicos, en cambio, tratan de medir las proporciones de agentes de riesgos que ya han logrado penetrar en el organismo humano expuesto. Finalmente, el monitoreo ambiental está orientado a estudiar lugares en los que hay cierta cantidad de individuos.

Las técnicas de monitoreo que usan muestras incorrectamente diseñadas, que tienen una gran variedad en los tiempos que miden o que son muy costosas, tienden a ser desechadas. La mayor ven-

taja de los monitoreos es que proporcionan datos actualizados de la exposición de las personas y no están basados en modelos o extrapolación de datos. Los modelos de exposición son muy usados para complementar datos de monitoreos que pueden ser inadecuados o inapropiados.

Estos modelos tratan de simular la conducta de los agentes de riesgo en el entorno de un lugar de trabajo. Son solamente representaciones matemáticas de las condiciones ambientales, no pueden predecir con precisión como se comportará el agente de riesgo entre su emisión y la absorción consecuente por los trabajadores.

Los modelos de transporte atmosférico incluyen los de Gauss y otros. Hay modelos que incluyen la transmisión de agentes de riesgo, a través de diferentes medios (ejemplo, evaporación de un derrame), o modelos de cadenas alimenticias, modelos de transporte de agua, etc.

Cuanto más complicado es un modelo, mayor es la necesidad de suministro de datos. Sin embargo, debemos darnos cuenta de que la mayor parte de los modelos son simplificaciones y no pueden proporcionar medidas exactas.

Hay un número de aspectos que deben tomarse en cuenta cuando se realiza la estimación de la exposición: éstos incluyen estimación del tamaño de la población expuesta, heterogeneidad de la población expuesta, otras exposiciones que se encuentran fuera de los lugares de trabajo de los individuos, tales como habitaciones, pasatiempos, ambiente en general y situación de grupos que tienen riesgos específicos (niños pequeños, mujeres embarazadas).

La práctica de la higiene industrial generalmente presenta menos dificultad cuando mide agentes de riesgo en la inhalación, que aquellas otras mediciones de la exposición a través de la piel. Sin embargo en los monitoreos de higiene industrial se pueden cometer un gran número de errores. Éstos incluyen: poner mucho énfasis en la exposición individual máxima permitida, usando métodos estadísticos basados en distribuciones normales, en lugar de distribuciones logarítmicas que es lo apropiado y exposiciones indirectas tales como las que no miden la absorción del vapor por la dermis que en muchos casos pueden ser la mayor vía de exposición, cuando el

monitor biológico no se usa para confirmar otros tipos de estimaciones a la exposición y cuando se fracasa en validar todas las aseveraciones que se hacen mientras se efectúan las estimaciones de la exposición.

Estimación de dosis-respuesta

El próximo paso es la valoración de la dosis del agente de riesgo que recibe un individuo y la predicción de los resultados en la salud de éste. Mientras que es relativamente fácil determinar la dosis de absorción de exposiciones determinadas, es infinitamente más complicado medir las dosis internas o efectivas. Un material que se introduce en el cuerpo puede ser transformado en sustancias más o menos peligrosas y puede ser transportado en diferentes cantidades a varios órganos en donde a veces se acumula. Una visión íntima de estos procesos se puede obtener por estudios integrados en animales, en los que se aplican modelos fisiológicos basados en aspectos farmacológicos. Sin embargo, debido a la relativamente poca cantidad de datos disponibles sobre lo que de hecho ocurre internamente en el cuerpo, las valoraciones clásicas de riesgo siguen siendo apropiadas para determinar las dosis efectivas, las dosis absorbidas y las concentraciones ambientales. Más controversial aún es la estimación de la dosis-respuesta, pues solamente existe información sobre investigaciones epidemiológicas esporádicas en relación con exposiciones de los trabajadores a un amplio rango de agentes a dosis reales en el ambiente de trabajo.

Más comunes son los datos obtenidos de los estudios en animales, expuestos a altas dosis que se extrapolan a los seres humanos y de altas a bajas dosis.

Los modelos disponibles para tal extrapolación pueden proporcionar diferentes estimaciones, que a veces difieren entre 4 y 6 órdenes de magnitud. La extrapolación de dosis entre varias especies es muy incierta y se basa generalmente en el peso o la superficie corporal y no en datos metabólicos exactos. Hay otros aspectos que deben considerarse y entre éstos se incluye el periodo de exposición durante el tiempo de vida,

el uso de estudios contradictorios en animales y estudios que combinan riesgos producidos por varios agentes.

La caracterización del riesgo

El paso final en la valoración del riesgo es su caracterización; esto requiere la suma de los datos obtenidos en las estimaciones de las diversas emisiones desde las fuentes, los modelos de exposición y el tipo de dosis-respuesta. Está orientada a proveer a los responsables del control de riesgos en el trabajo o a los que toman decisiones con estimaciones, sobre tipos, magnitud y condiciones de los riesgos así como sobre la probabilidad de que pueda ocurrir un siniestro, accidente o condición adversa. Esto capacita al gerente para evaluar con toda propiedad los riesgos cuantificados, así como la manera en que éstos impactan al individuo y a la sociedad.

Estas caracterizaciones debieran estar acompañadas de una descripción de las incertidumbres y de las aseveraciones tomadas; mas en la práctica, las subjetividades de los analistas de riesgos profesionales o de quienes hacen las decisiones a veces ensombrecen la objetividad de las estimaciones.

Las caracterizaciones se expresan en términos de: mediciones, incremento de la incidencia de los efectos dañinos para la salud, riesgo individual máximo durante la vida, concentraciones ambientales que representan un aumento del riesgo en proporción de uno a un millón, riesgo relativo, riesgo relativo de la población, cuando se comparan las cifras con poblaciones no expuestas, tasas de mortalidad y morbilidad, y pérdida de esperanza de vida.

La elección de la técnica para la medida del riesgo no es completamente objetiva; comúnmente es un reflejo de la manera en la que el analista recoge los datos para el análisis. Así pues una evaluación realizada por analistas determinados debe ser considerada como una de las técnicas probables de caracterizar riesgos.

Un elemento importante y que constituye un reto de tipo ético en los factores que caracterizan a un riesgo, es la forma en que el analista expresa la incertidumbre inherente a las estimaciones

complicadas. Como se ha visto, cada paso del proceso de determinación del riesgo, identificación de la exposición de la fuente de emisión, la dosis-respuesta está acompañada por un gran número de incertidumbres y aseveraciones que se combinan con la incertidumbre de la caracterización del riesgo.

El analista debe presentar estas incertidumbres en forma clara y coherente, puede incluir expresiones tales como "una población bajo continua variabilidad o incertidumbre"; también debiera presentar resultados con límites de confianza inferiores y superiores. Curiosamente, los casos más extremos de daño por riesgos ofrecen un valor muy modesto al difícil proceso de toma de decisiones. Generalmente la mayor confianza la ofrecen los eventos o consecuencias (daños) que pueden ser sospechados por evidencias científicas confiables y no basadas en meras suposiciones.

El proceso del manejo de los factores de riesgo

La evaluación cuantificada del riesgo, la forma en que éste impacta tanto al individuo como a la sociedad, así como las apropiadas decisiones y regulaciones que puedan reducir para controlar, prevenir o tolerar los riesgos, se llama el proceso del manejo del riesgo. Esto implica o bien que hay una voluntad de aceptar o tolerar el riesgo evaluado o que se adopta la actitud de prevenir o evitar el riesgo. La aceptación o tolerancia de un riesgo generalmente se basa en el conocimiento que se pueda aceptar el riesgo a cambio de obtener una ganancia o beneficio importante. Esto es frecuente en el caso de higiene del trabajo en comparación con higiene ambiental. Para agentes de riesgo idéntico, se puede asumir un mayor riesgo de peligrosidad en el ambiente laboral a fin de obtener ganancias económicas. Sin embargo, no estamos preparados para asumir los mismos niveles de riesgo para la exposición ambiental para toda la población. Un riesgo si no puede ser evitado podrá ser aceptado o tolerado con reticencia; esto usualmente se refiere a riesgos que pueden derivar de catástrofes naturales tales como terremotos, huracanes, etc. El responsable del control

de riesgos en el trabajo puede comparar los riesgos evaluados recientemente con otros riesgos que han sido previamente aceptados: si el nuevo riesgo se encuentra a un nivel menor que el límite requerido para la aceptabilidad de riesgos similares anteriores, entonces también podrá ser aceptado; caso contrario se declara inaceptable y deberá evitarse, tomando una o más de las siguientes decisiones: Erradicación total del riesgo (prohibiendo el agente de riesgo en el lugar del trabajo), reducción de la exposición al riesgo (disminuyendo las concentraciones y proporcionando protección), control de eventos o procesos que puedan alterar el nivel de aceptación de la concentración del riesgo (ventilación, aislamiento del proceso, utilización de robots). Las posteriores evaluaciones del riesgo se deberán realizar teniendo en cuenta los nuevos niveles de exposición y control requeridos para disminuir el nivel de riesgo, y así sucesivamente hasta alcanzar los mínimos niveles.

Cada una de las medidas de control deberán también evaluarse en función de la relación costo-efectividad involucrada en la reducción del riesgo. El proceso del manejo del riesgo es altamente subjetivo y así diferentes grupos de individuos podrán llegar a diferentes conclusiones. Esto se refleja comúnmente en la existencia de regulaciones contradictorias que hay en varios sectores económicos o en diversos países. Quizá el mayor reto para los responsables del control de riesgos y a veces para los analistas es comunicar la presencia de tipos y niveles de riesgo así como recomendaciones o decisiones para control a sus superiores jerárquicos y al público en general; esto evitará una multitud de problemas, graves dificultades y malentendidos.

La comunicación puede ser problemática a nivel de mensaje ya sea por deficiencias en datos, o por lenguaje científico relativo a métodos, interpretaciones o incertidumbres no comprendidas por las personas legas.

Los problemas relacionados con la fuente de información incluyen: falta de confianza o de acuerdo entre los expertos, recursos limitados para evaluaciones completas, falta de datos que producen temores en el auditorio, fracaso al discutir limitaciones e incertidumbres, etc.

Los problemas relacionados con el canal de información incluyen: selección inadecuada de medios de comunicación, que tienden a dramatizar la información, desacuerdo conflictuoso, conclusiones prematuras, exceso de simplificación que puede distorsionar las evaluaciones.

Los problemas en la recepción del mensaje incluyen: percepciones inadecuadas de los niveles de riesgo, exceso de confianza, creencias que motivan resistencia al cambio, obsesión por completa exactitud de datos, rechazo de la consideración del factor costo-eficiencia. Los responsables del control de riesgos deben estar atentos a los problemas de comunicación y predecir la presentación de estos con anticipación antes de comunicar decisiones. La efectiva comunicación incluye escuchar al auditorio a fin de mantenerle informado de acuerdo con su nivel de comprensión y afrontar las necesidades de los medios de comunicación.

Este apartado ha intentado dar una breve descripción de lo que se entiende por valoración del riesgo y de su aplicación en el campo de la higiene y seguridad laboral y de la salud ambiental.

Dado que ésta es relativamente una nueva disciplina, es preferible aprender participando ya sea en el análisis o en el proceso de manejo del riesgo o en ambos. Como muchas disciplinas, puede a veces mirarse más como un arte que como una ciencia exacta. Su mejor comprensión se obtiene a través de la práctica.

INSTITUCIONES DE ENSEÑANZA E INVESTIGACIÓN

Doctor Leonardo Szpirman†

La Comisión de Acción Preventiva e Investigación en Salud Ocupacional

La Comisión de Acción Preventiva e Investigación en Salud Ocupacional está formada por 10 miembros nombrados por el Ministro de Trabajo y Bienestar Social, y se encuentran representadas en ella: el Ministerio de Trabajo y Bienestar Social (2), el Ministerio de Salud (2), la Caja de

Seguro de Salud de la Confederación General de los Trabajadores de Israel (2), Otras Cajas de Seguro de Salud (1), la Asociación de Industriales (1), la Histadrut, Confederación General de Trabajadores de Israel (1) y el Instituto Nacional de Seguros (1). Las funciones de la comisión derivan en forma estatutoria de la ordenanza número 13 de las ordenanzas de servicios de salud en el trabajo y son el fomento de la investigación y actividades preventivas en el campo de la salud laboral.

El presupuesto de la comisión proviene de los fondos recaudados en el marco de la Ley del Impuesto Paralelo que determina que el 1% de los fondos recaudados se destinará a la investigación y actividades preventivas en salud ocupacional.

El principio que guía las actividades de la comisión es el financiamiento de proyectos en el terreno de la investigación y de actividades preventivas que ayuden en la solución de los problemas de la seguridad e higiene ocupacional y contribuyan a modificar o mejorar cuantitativamente y cualitativamente las actividades preventivas.

En los últimos dos años las actividades de la comisión se concentraron principalmente en los siguientes aspectos:

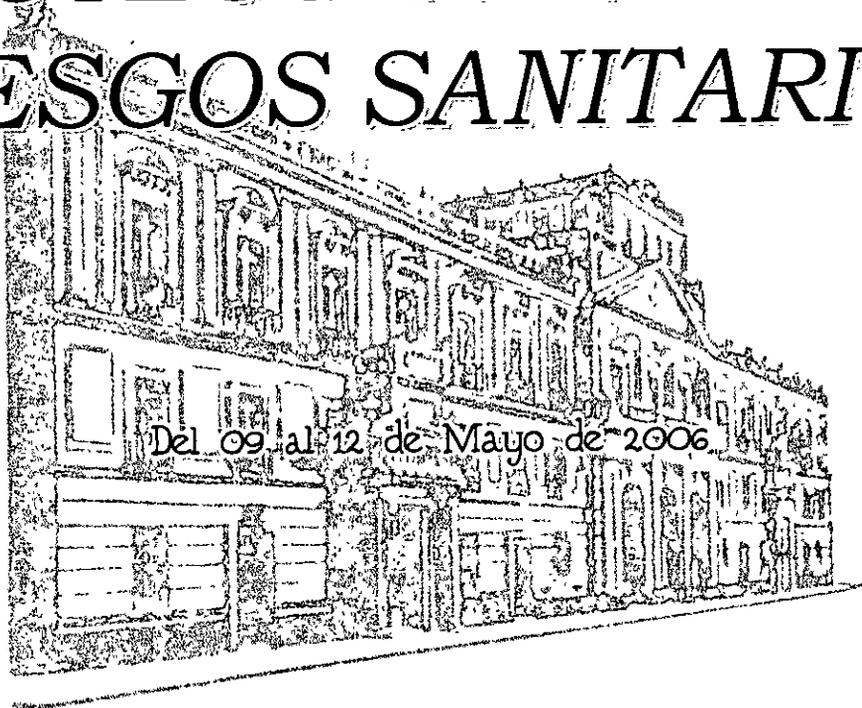
- a) Fijación de prioridades. Después de una serie de estudios con las instituciones responsables directamente en el campo de la seguridad, higiene y salud ocupacional se fijó una lista de temas en los cuales la Investigación o acciones preventivas podrían contribuir en forma prioritaria a la promoción de la salud de los obreros en el país y su seguridad en el trabajo. Esta lista de temas prioritarios en investigación y actividades preventivas se dio a conocer a todos los institutos de investigación e instituciones pertinentes estimulándolas a presentar proyectos a la comisión para su consideración y financiamiento.
- b) Financiamiento de institutos de investigación e investigaciones en el campo de la seguridad y salud ocupacional. La comisión participó en forma activa en la creación y el financiamiento de 3 Institutos de Investigación en este campo: 1.



FACULTAD DE INGENIERÍA UNAM
DIVISIÓN DE EDUCACIÓN CONTINUA

CURSOS INSTITUCIONALES

PROTECCIÓN CONTRA RIESGOS SANITARIOS



Del 09 al 12 de Mayo de 2006

ANEXOS

CI - 058

Instructora: Mtra. Doraida Rodríguez Sordia

COFEPRIS

MAYO DE 2006

Palacio de Minería, Calle de Tacuba No. 5, Primer piso, Delegación Cuauhtémoc, CP 06000, Centro Histórico, México D.F.,
APDO Postal M-2285 ■ Tels: 5521.4021 al 24, 5623.2910 y 5623.2971 ■ Fax: 5510.0573

3 EVALUACIÓN DE RIESGOS AMBIENTALES

3.1 ESTIMACIÓN DE LA EXPOSICIÓN

Los tóxicos que interesan son aquellos que tienen probabilidad de llegar a estar en contacto con poblaciones humanas, en cualquier lugar que éstas se encuentren. Es por eso, que se estudian los desplazamientos de los tóxicos en el medio ambiente, desde el punto en que se emiten hasta el lugar en que contactan las poblaciones. Como se mencionó anteriormente, a este desplazamiento se le conoce como ruta de exposición. **No se consideran relevantes los desplazamientos de tóxicos que no dan lugar a exposiciones humanas.**

En esta sección se estudiarán las rutas relevantes de exposición, llegando a la estimación de la magnitud de la concentración del tóxico en el punto de contacto del medio contaminado con los individuos expuestos. Se tratarán también los aspectos relacionados con el tiempo de exposición en función de su duración y frecuencia.

3.1.1 Escenario de exposición

Ya se mencionó que desde el punto de vista de la toxicología ambiental, lo que es más importante en el desplazamiento de un tóxico, es si entra o no en contacto con la población. Al área física que comprende el lugar donde se derraman o emiten los tóxicos al ambiente, donde se transportan y donde las poblaciones entran en contacto con los medios contaminados recibe el nombre de escenario de exposición.

El estudio del escenario consta de dos partes fundamentales; la descripción físico-química del sitio y la descripción de las poblaciones que es probable que sufran la exposición. Las características del sitio y de las poblaciones que interesan serán aquellas que son útiles para estimar las exposiciones.

3.1.1.1 - Descripción del sitio

El sitio se describe en función de las variables que puedan tener influencia sobre la movilidad de los tóxicos y los niveles de contaminación. Las variables físicas y químicas que se evalúan son las que se utilizarán para alimentar los modelos de transporte y destino.

Las características físicas importantes del escenario de exposición son: clima, vegetación, topografía, edafología (composición y estructura de suelos) y geohidrología (estratos en el subsuelo, acuíferos subterráneos y corrientes superficiales).

En lo que se refiere al suelo y al subsuelo es conveniente describirlos en función de la humedad, pH, contenido de carbono orgánico y presencia de otros intercambiadores de iones. Los modelos para representar el desplazamiento de los tóxicos en este estrato incluyen tales variables. El conocimiento del tipo de suelo puede ayudar a predecir la producción de polvos transportables.

Los datos climatológicos permiten estimar la persistencia de los tóxicos en el ambiente, los posibles desplazamientos masivos por acarreo de polvos y gases por los vientos y junto con la topografía los desplazamientos en corrientes superficiales.

Un nivel friático muy somero puede incrementar la probabilidad de que emigre hacia el acuífero una sustancia presente en el suelo.

Las características químicas importantes son: la identificación y cuantificación de las sustancias que se saben o se sospecha que son tóxicas para los humanos, que se encuentren en uno o más medios de los que integran el sitio o que pueden salir del mismo.

Los datos se obtienen experimentalmente en el trabajo de campo, analizando los distintos medios con los que puede entrar en contacto la población. A esta actividad se le denomina "Muestreo o Muestreo Ambiental."

El muestreo se debe de planear para que al principio del trabajo se genere información que nos permita desarrollar una comprensión general del sitio, y así poder dirigir los esfuerzos subsiguientes para obtener sólo los datos que sirvan para llenar las lagunas remanentes de información. En esta forma se minimizará la recolección de datos innecesarios y se maximizará la calidad de los datos obtenidos.

La información fisicoquímica del sitio se utiliza para identificar las rutas y vías de exposición, así como para calcular las dosis suministradas.

3.1.1.2 - Descripción de las poblaciones

En la descripción de las poblaciones se consideran los asentamientos humanos dentro del sitio y sus cercanías, así como los que pudieran quedar expuestos en el futuro, aunque se encuentren localizados en sitios alejados de la fuente de contaminación.

Las poblaciones lejanas que no están en contacto con los medios contaminados, pero que es conveniente incluirlas en un estudio de evaluación de riesgos, son aquellas que se consideran que podrían quedar expuestas; tanto por sus actividades o hábitos, o bien porque los tóxicos pudieran emigrar en el futuro hasta localidades donde esas poblaciones constituirían un nuevo escenario de exposición.

Como en el caso de la descripción del sitio, las poblaciones se describen especificando aquellas características que influyen en la exposición y sus consecuencias.

Estas características son las siguientes:

- localización relativa al sitio
- presencia de subpoblaciones sensibles
- patrones de actividad.

Localización.-En lo referente a la localización de los asentamientos humanos, la información más importante es su posición relativa con respecto a la fuente de contaminación y a la dirección de los desplazamientos más probables de los tóxicos.

- Hay mayores probabilidades de estar expuesto a los tóxicos si el lugar de trabajo o residencia está localizado:
 - cerca de la fuente.
 - en la dirección de los vientos dominantes
 - aguas abajo de las corrientes superficiales
 - en la dirección del flujo de los acuíferos subterráneos.

También son importantes:

- las poblaciones que consumen productos generados o que se contaminaron en el sitio, independientemente de su posición geográfica
- las poblaciones que en el futuro pudieran estar expuestas a sustancias que hayan emigrado del sitio.

Subpoblaciones especiales.- Las subpoblaciones especiales son las más susceptibles de sufrir un daño al quedar expuestas a un determinado agente debido a:

- que tienen una mayor sensibilidad, tales como, niños, ancianos, mujeres embarazadas o en periodo de lactancia y personas con enfermedades crónicas
- que presentan un patrón de comportamiento que puede dar lugar a una mayor exposición. Un ejemplo son las personas que consumen cantidades grandes de alimentos producidos en el sitio. Otro ejemplo son los niños quienes tienen una probabilidad más alta de entrar en contacto directo con el suelo que los adultos, etc.
- quienes se han sensibilizado por exposiciones anteriores o, que experimentan exposiciones simultáneas provenientes de otras fuentes. Por ejemplo, individuos expuestos a sustancias químicas en su trabajo y residen o residieron en sitios contaminados.

Actividades humanas.-Las exposiciones están asociadas a los patrones de actividad de los individuos en el escenario y éstos, a su vez están determinados por el tipo de uso del suelo en el escenario de exposición. Así pues, para caracterizar las

exposiciones es necesario primero identificar los usos del terreno en el escenario de exposición.

Para el propósito de evaluación de riesgos los usos del suelo se clasifican en:

- residencial,
- comercial/industrial/agropecuario y
- recreativo.

Las mejores fuentes de información para determinar los usos actuales del suelo son la visita al sitio y el examen de fotos aéreas identificando las áreas pobladas, las áreas de juego, parques, negocios e industrias, explotaciones agrícolas, ganaderas y pesqueras. Puede ser que algunos de los terrenos tengan un uso múltiple y pudieran quedar clasificados en más de una categoría.

La clasificación del uso del suelo sirve para caracterizar el patrón de actividades y su efecto sobre la intensidad, frecuencia y duración de las exposiciones. Lo que se pretende lograr es lo siguiente:

- *determinar el porcentaje del tiempo que los individuos pasan dentro del escenario de exposición.* Si el sitio es comercial o industrial es razonable esperar que la población tenga un período de exposición de 8 horas diarias. Si el sitio es residencial entonces se puede asumir una exposición de 24 horas al día. La selección más conservadora de tipo de uso del suelo que se le puede asignar a un sitio, cuando se justifique, es el uso residencial, ya que da lugar a exposiciones más prolongadas
- *clasificar las subpoblaciones de acuerdo a si realizan sus actividades a la intemperie, en el interior o en ambos ambientes*
- *identificar los cambios estacionales de actividades*
- *determinar si la población local tiene acceso restringido o ilimitado al sitio*
- *identificar las características de la población que pudieran estar determinadas por el sitio.* Por ejemplo si el sitio es un lugar pesquero es probable que la población local consuma más pescado y mariscos que el promedio de la población.

Al analizar el uso del suelo se debe de determinar si es probable que cambie en el futuro y si este cambio va a repercutir en el patrón de actividades que se llevan a cabo en el sitio. Para determinar la posibilidad de cambios futuros es conveniente consultar los reglamentos oficiales sobre el uso del suelo, los mapas de zonificación, etc.

3.1.2 - Ruta de exposición

La 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, como ya se especificó, se denomina ruta de exposición.

Una ruta está completa si hay una liberación de una sustancia desde una fuente, un escenario de exposición donde pueda ocurrir un contacto y una vía de exposición o ingreso.

3.1.2.1 - Descripción de la ruta de exposición

A continuación se describen cada uno de los elementos que integran una ruta de exposición típica completa.

Fuente.- Las características fundamentales de la fuente son su localización y los mecanismos de emisión. Se localiza y describe utilizando los datos de muestreo y la información preliminar que se tenga acerca del sitio.

Se localizan los lugares dónde se están liberando, se liberaron o se espera que se liberen los tóxicos, identificando todos los mecanismos posibles de liberación y de medios receptores. Por ejemplo; la presencia de suelo contaminado cerca de un tanque puede indicar que el tanque con rupturas (fuente) presentó fugas (mecanismo de liberación) hacia el suelo (medio receptor).

La fuente puede ser también punto de contacto si los organismos receptores entran en contacto directo con la fuente. Por ejemplo; con recipientes abiertos, suelo contaminado, residuos apilados, etc.

Un medio contaminado puede ser a su vez fuente de contaminación para otro medio. Por ejemplo; una zona del subsuelo contaminada por un derrame previo puede ser la fuente de contaminación de un acuífero subterráneo.

Transporte y destino.- Después de que la sustancia ha sido liberada le puede pasar lo siguiente:

- acumularse en uno o más medios incluyendo el de recepción
- transportarse por una corriente de agua, disuelto o suspendido en algún sedimento, o por los vientos, en estado gaseoso o en los polvos
- transformarse físicamente (volatilización, precipitación), químicamente (fotólisis, hidrólisis, oxidación, reducción, etc.) o biológicamente (biodegradación)

Para estudiar la distribución de una sustancia en el ambiente es necesario conocer sus propiedades físicas y químicas y las del medio y/o medios en los que se desplaza.

Estos datos se alimentan en modelos que representan el transporte dentro del medio de recepción, las transferencias de este medio a otros y los transportes dentro de los medios a los que fue transferido. Los modelos incluyen términos para representar cada uno de los procesos que sufre la sustancia en el ambiente.

Con los modelos se puede estudiar la cinética de los tóxicos en cualquier lugar de la ruta, especialmente se pueden estimar las variaciones de la concentración del tóxico en el punto de contacto, cuando no se disponga de datos completos de muestreo ambiental en este lugar.

Uno de los propósitos del análisis de destinos y transportes es predecir las exposiciones futuras y para servir de base en el diseño de estrategias de prevención de la contaminación.

El análisis del proceso de transporte de tóxicos en el medio ambiente permite esclarecer las ligas existentes entre las fuentes y los medios contaminados y contestar las siguientes preguntas sobre los tóxicos:

- ¿Cuáles especies químicas están presentes en las fuentes dentro del sitio?
- ¿En qué medios, dentro y fuera del sitio, y en qué formas químicas se encuentran los tóxicos?
- ¿En qué medios y en qué localizaciones se podrán encontrar en el futuro?

Punto de exposición:.- Cualquier contacto potencial entre los pobladores con un medio contaminado es un punto de exposición. Son más importantes los puntos de exposición dónde la concentración que va a ser contactada sea la más alta y dónde la población expuesta se clasifique como de interés especial por pertenecer a un grupo sensible.

Se considerarán como puntos de exposición potencial todas las fuentes y medios contaminados si

- el sitio se encuentra en uso
- el acceso al mismo no está restringido o de alguna otra forma limitado
- si el contacto es posible en el futuro por un uso alterno del suelo

Para puntos de exposición potenciales fuera del sitio, se espera que la concentración de contacto será mayor en los puntos más cercanos al sitio o donde los gradientes de altura y dirección del viento lo favorezca. En algunas ocasiones se pueden encontrar puntos de contacto de mayor concentración a distancias grandes, ésto puede suceder si en el transporte de los tóxicos se incluyen pasos en los que pueda ser bioconcentrado. Por ejemplo; si una sustancia originada en el sitio se transporta hasta un cuerpo de agua donde es bioconcentrada por los organismos acuáticos y la población entra en contacto con esos organismos.

Vías de exposición.-El último elemento de la ruta de exposición es la vía de exposición, que es el mecanismo por medio del cual el tóxico entra al organismo. En el caso de exposiciones ambientales las vías de exposición son ingestión, inhalación y contacto cutáneo. La selección de cuáles vías se deben de estudiar, depende de los medios en los que se encuentre el tóxico en el punto de contacto. Si se encuentra en el agua potable, en los alimentos o en el suelo la vía de exposición será la ingestión, si se encuentra en el aire, sea como gas, vapor o partículas suspendidas, el ingreso será por la vía respiratoria (inhalación) y si se encuentra en el agua o aire ambiente que entra en contacto con la piel, el ingreso será por vía cutánea.

El equipo de protección tiene por propósito evitar que exista una vía de exposición aunque se presente un punto de contacto. Por ejemplo el uso de guantes, máscaras y botas son barreras que impiden el ingreso del tóxico al organismo contactado.

3.1.2.2 - *Identificación de las rutas significativas*

Sólo se consideran como significativas y merecen ser evaluadas las rutas completas de exposición que produzcan exposiciones efectivas, es decir que el tóxico además de llegar a hacer contacto con un individuo encuentra la forma de cómo ingresar al interior del organismo.

Los datos de muestreo biológico y/o biomarcadores en la población supuestamente expuesta que indiquen que hay acumulación de alguna sustancia o efectos relacionados con alguna sustancia, en miembros de la población considerada, es una información muy valiosa para identificar una ruta como significativa. Esta información indica que han existido exposiciones efectivas, puesto que se identifica la presencia del tóxico o sus manifestaciones dentro de los organismos expuestos. Los resultados positivos de los análisis de fluidos biológicos indican cuáles rutas son significativas, pero los datos negativos en individuos de una población no se pueden usar para concluir que una ruta está incompleta.

No siempre se analizan todas las rutas completas:

Hay rutas que aunque sean poco probables o signifiquen exposiciones relativamente bajas siempre se evalúan y éstas son las siguientes:

1. las rutas que representan una exposición posible de individuos sensibles
2. cuando los resultados de la exposición son catastróficos,

Se pueden considerar como justificaciones válidas para eliminar el análisis de una ruta completa las siguientes:

- La exposición resultante es mucho menor por esta ruta que por otra que involucra el mismo medio y el mismo punto de contacto

□ La magnitud de exposición potencial es baja o es muy poco probable que se dé la exposición y no son altos los riesgos asociados con la exposición.

En algunas ocasiones no se pueden cuantificar las exposiciones en rutas completas por falta de datos. Es posible que los datos de muestreo no sean suficientes para estimar las características de las fuentes, las concentraciones ambientales o las dosis suministradas. En estos casos se puede recurrir al uso de modelos para complementar la información disponible, pero al usar modelos en lugar de datos se incrementa la incertidumbre. Si no se tienen datos suficientes para validar el modelo, entonces puede ser que no se justifique el análisis cuantitativo de la ruta.

3.1.3 - Cuantificación de la exposición

El estudio de la ruta de exposición tiene por objeto llegar a determinar la cantidad de sustancia tóxica que contacta un organismo durante el período de exposición y poder estimar las exposiciones futuras.

La cuantificación de la exposición consiste en determinar la magnitud, frecuencia y duración de las exposiciones de los individuos miembros de la población por cada una de las rutas significativas.

Si la exposición ocurre durante un determinado período, la exposición total se divide entre el tiempo de ocurrencia para calcular la tasa de exposición promedio por unidad de tiempo y frecuentemente esta tasa promedio de exposición se expresa por unidad de masa corporal.

A esta exposición normalizada se le denomina **Dosis Suministrada**.

Hay tres categorías de variables que se usan para calcular este valor y son: una variable relacionada con la sustancia (concentración de exposición); las variables que describen la población expuesta (tasa de contacto, frecuencia y duración de la exposición, peso corporal) y una variable determinada por el proceso de evaluación (el tiempo de promediación).

Cada una de estas variables puede tomar valores dentro de determinados rangos y se seleccionan los valores cuya combinación resulte en una estimación de la **Exposición Máxima Razonable (EMR)**.

La estimación de un valor "razonable" no siempre está basada totalmente en información cuantitativa sino también en la experiencia y juicio profesional.

3.1.3.1 - Cálculo de la dosis suministrada

La Dosis Suministrada (D_s) se calcula para todas las sustancias en el punto de contacto de todas las rutas seleccionadas como significativas. Se expresa en términos de la cantidad de la sustancia (mg) en contacto con el cuerpo por unidad de masa corporal (Kg) por unidad de tiempo (día).

La D_s se calcula utilizando la siguiente ecuación:

$$D_s = (CTFD)/(MP)$$

Donde: C = concentración promedio durante el periodo de exposición

T = tasa de contacto, la cantidad de medio contactado por unidad de tiempo

F = frecuencia de exposición

D = duración

M = masa corporal

P = tiempo de promediación

Para calcular la Dosis Absorbida (D_A) se multiplica la D_s por un factor de absorción.

Concentraciones de exposición.- La concentración de exposición C se calcula en base a los datos de muestreo ambiental. El término C es el valor del límite superior de confianza, percentil 95, del promedio aritmético de las concentraciones que son contactadas durante el periodo de exposición. Aunque este valor puede ser menor que la concentración máxima contactada, se considera razonable ya que es poco probable que se contacte la concentración máxima durante un periodo prolongado.

Si no se cuenta con mediciones directas de la concentración en el punto de contacto entonces se hacen estimaciones de estos valores usando los modelos de destino y transporte.

Tasa de contacto.- Representa la cantidad de medio contaminado contactado por unidad de tiempo o por evento. Si se dispone de datos estadísticos de tasas de contacto se debe de seleccionar el límite superior de confianza percentil 90 o 95 del promedio. Si no se cuenta con información estadística, entonces se debe de seleccionar, por experiencia, un valor similar al del percentil 95. Por ejemplo, la tasa de contacto para tóxicos en el agua potable es de 2 litros por día. Este es el valor del límite superior de confianza percentil 95 del promedio de ingesta diaria de agua en adultos.

En algunas ocasiones se introducen más términos en la ecuación para calcular esta cantidad. Por ejemplo en el contacto cutáneo con sustancias químicas disueltas o suspendidas en agua, la tasa de contacto se estima combinando la información del área corporal expuesta, la permeabilidad de la piel a ese compuesto y el tiempo de exposición

Frecuencia y duración de la exposición.- Estas dos variables se utilizan para calcular el tiempo total de exposición. Los valores que pueden tomar dependen del sitio, sin embargo es muy difícil que existan estadísticas sobre un sitio en particular.

En algunas ocasiones se pueden obtener valores estadísticos nacionales. Se debe de seleccionar un valor conservador para el tiempo de exposición. Por ejemplo; en algunos casos se pueden utilizar periodos de 30 años para el caso de residentes (valor esperado del tiempo de residencia en un lugar) y en otros casos, es más conveniente usar 70 años (expectativa de vida). Las frecuencias de exposición y las duraciones de las exposiciones deben de ser consistentes con las tasas de contacto seleccionadas. Si se usa una tasa de contacto basada en observaciones de largo plazo, como en el caso de contar con la tasa del consumo anual de pescado, entonces se deben de calcular la tasa de contacto y la frecuencia de exposición expresada en días y en días⁻¹ (365 días = 1 año).

Masa corporal.- Para niños se utiliza como valor de la masa corporal el valor estándar encontrado en las tablas de "peso para la edad". La exposición vitalicia se estima por un promedio ponderado por tiempo de exposiciones estimadas para todos los grupos etáreos. Cuando los contactos son, más o menos, constantes durante el período vital, como la ingesta de agua, se utiliza el valor de 70 Kg. como valor de la masa corporal.

Tiempo de promediación - El tiempo de promediación seleccionado depende del tipo de efecto tóxico que se esté evaluando.

Cuando se evalúan exposiciones a tóxicos para el desarrollo, los insumos se calculan promediando sobre el periodo del evento de exposición. Para tóxicos agudos se promedia sobre el tiempo más corto que se conoce, en el que se puede producir un efecto, normalmente un día.

Cuando se evalúan exposiciones de largo plazo a tóxicos no-cancerígenos las dosis se calculan promediando los insumos durante el periodo de exposición. Por ejemplo; dosis diarias crónicas o dosis diarias subcrónicas.

Para cancerígenos, las dosis se calculan promediando la dosis total acumulada durante el periodo vital y se le llaman Dosis Diaria Vitalicia Promedio (DDVP). Esta diferencia se basa en la opinión científica actual de que los mecanismos de acción son diferentes. Se supone que el efecto de la exposición a un cancerígeno es básicamente el mismo si se tiene una exposición a una alta concentración por corto tiempo a que se tenga una exposición a baja concentración por un periodo prolongado. Esta suposición es menos justificable cuando las exposiciones son intensas y poco frecuentes, especialmente si la substancia es un cancerígeno que ha mostrado que sus efectos dependen de la dosis y de la tasa.

Incertidumbres.- Las principales fuentes de incertidumbre en el cálculo de la D_s son:

- la variabilidad en los datos analíticos
- el uso de modelos para estimar algunas variables
- uso de valores supuestos para algunos parámetros.

La estimación del efecto de las incertidumbres en el cálculo de las dosis suministradas es un aspecto muy importante en la evaluación de riesgos, ya que indica el nivel de confiabilidad que se tiene en la evaluación de la exposición y pueden influir significativamente en la toma de decisión sobre intervención en un sitio.

3.2 CARACTERIZACIÓN DE RIESGOS

La caracterización de los riesgos a la salud pública en un sitio contaminado consiste en determinar si es tolerable el nivel de riesgo de que se produzcan daños en la población asociados a la exposición a los tóxicos presentes en el sitio.

Para hacer lo anterior se evalúan las exposiciones que sufren los pobladores, lo cual, consiste en:

- hacer la selección de las poblaciones que se consideran en riesgo y de los tóxicos capaces de producir esos riesgos, identificando las condiciones de exposición
- cuantificar las exposiciones que tienen lugar, estimando las dosis suministradas/absorbidas
- calificar la calidad de los resultados del cómputo de las exposiciones.

Por otro lado se evalúa la peligrosidad de los tóxicos presentes, lo cual consiste en:

- obtener los índices de toxicidad, que estén basados en información confiable, para todos los tóxicos que se seleccionaron en la evaluación de la exposición, y sean aplicables a las condiciones presentes en el sitio
- calificar la calidad de la información obtenida.

En la mayoría de los sitios contaminados, los individuos están expuestos a varios tóxicos al mismo tiempo y cada uno de los tóxicos pueden llegar a hacer contacto con las poblaciones por más de una ruta.

En esta sección se revisará cómo se integran ambos conocimientos para la evaluación de riesgos por exposición a sustancias tóxicas, tanto si se trata de exposiciones sencillas a una sustancia, como de exposiciones múltiples.

Los riesgos asociados a la exposición de sustancias no-cancerígenas, se evalúan por separado de los riesgos por exposición a cancerígenos. Las metodologías para evaluar estos dos modos de toxicidad química son diferentes.

Para caracterizar efectos no-cancerígenos, las comparaciones se hacen entre las dosis de exposición estimadas para cada una de las sustancias y sus dosis de referencia y al cociente de estas dos cantidades (exposición /dosis de referencia), que se le conoce como Cociente de Peligro.

Los efectos cancerígenos o sea , la probabilidad de que un individuo desarrolle cáncer por exposición vitalicia a una sustancia, se estima a partir de las dosis de exposición estimadas y la información sobre la probabilidad específica de desarrollar cáncer

(riesgo de cáncer por unidad de dosis o factor de pendiente), para la sustancia de interés. Al producto del valor de la exposición por el factor de pendiente se le llama: **Riesgo de Cáncer.**

Una evaluación de riesgos no se puede considerar completa, a menos que las estimaciones numéricas del riesgo se califiquen, a la luz de las suposiciones más importantes que se hicieron para llegar a los resultados obtenidos y el análisis de las incertidumbres que se introdujeron en los resultados como producto de esas suposiciones.

3.2.1 - Evaluación de la exposición

En la sección 3.1 se presentó cómo se transportan los tóxicos en el ambiente desde la fuente de emisión y cómo parte de esos tóxicos liberados llegan en estado activo a contactar a algunos miembros de las poblaciones en uno o más escenarios, y cómo se determina qué rutas son significativas. Se vio también, cómo se define y calcula la dosis que reciben los individuos expuestos. Se mencionó varias veces que los modelos matemáticos que normalmente se utilizan en estos cálculos pueden representar sobresimplificaciones de la realidad. También se dijo, que muy frecuentemente no se tiene información propia del sitio y/o de la población que se está estudiando y, que en ese caso se tienen que asignar valores a los parámetros de los modelos, basándose en estadísticas nacionales o en base a la experiencia de los encargados de hacer la evaluación de riesgos.

La presentación de toda esta información numérica y cualitativa acompañada de los juicios de valor sobre las suposiciones hechas en el proceso de obtenerla es lo que denominamos evaluación de la exposición. Es la información que se necesita para hacer la evaluación de riesgos.

3.2.1.1 - Información contenida

Los resultados del estudio de la exposición que se necesitan son los siguientes:

- Concentraciones químicas de todas las sustancias tóxicas en el punto de exposición
- Frecuencia y duración de las exposiciones
- Clasificación de las exposiciones observadas de acuerdo al período de exposición (crónicas, subcrónicas y agudas) y la vía de exposición (oral, inhalación y cutánea)
- Características de la población expuesta identificando subpoblaciones especiales
- Características del sitio
- Descripción de las rutas de exposición significativas

- Dosis Suministradas y/o Absorbidas de cada sustancia por cada ruta significativa, por cada vía y por cada periodo de exposición
- Relación de las rutas completas que se clasificaron como no significativas y porqué. Posible efecto de las exposiciones que no se están evaluando
- Lista de las rutas de exposición que pueden contribuir a la exposición de los mismos individuos en forma simultánea
- Modelos de transporte y destino utilizados en el análisis de las rutas de exposición
- Suposiciones hechas en el proceso de modelaje de las exposiciones
- Valores utilizados para los parámetros de exposición y fuentes de información
- Identificación y caracterización de las incertidumbres.

3.2.1.2 - Calificación de la información

En la sección 3.1 se trató cómo se estiman los valores numéricos de la Dosis Suministrada, en esta sección veremos cómo se evalúa esa información.

Las dosis suministradas que se calculen son tan válidas como la calidad de los datos usados, la validez de las suposiciones que se hicieron y lo apropiado de los modelos que se usaron. La desviación de la idealidad de cualesquiera de estos factores introducen incertidumbres en los resultados. Es necesario estimar el impacto de estas incertidumbres.

La evaluación de la exposición involucra la toma de varias decisiones que influyen substancialmente en la calidad de los resultados. Los aspectos más importantes son:

- Definición del escenario físico. Las decisiones que se toman en este paso están basadas en la información que se tenga sobre el área y en la experiencia del evaluador de riesgos.

En primer lugar se tiene que asignar la categoría de uso actual y potencial del suelo, en base a la información recabada por observación directa del sitio y en los servicios de información gubernamental sobre planes de desarrollo, reglamentación del uso del suelo y zonificación. Las dosis estimadas son diferentes, dependiendo de si el sitio es residencial, si se va convertir en residencial dentro de un plazo de 10 años o si es o se va a convertir en comercial/industrial/agropecuaria, etc. Las exposiciones probables son de muy distinta duración y frecuencia.

En segundo lugar, en base a la información de muestreo ambiental y el conocimiento que se tenga sobre la peligrosidad de los tóxicos ambientales detectados, se tiene que seleccionar la lista de sustancias de interés y las rutas de exposición significativas que existen realmente. En base al estudio de campo, usando modelos de transporte y destino se seleccionan las rutas que se puedan esperar para el futuro.

- Selección de Modelos de Transporte y Destino.- Se trata de seleccionar modelos que representen adecuadamente todas las interrelaciones conocidas e importantes que definen el comportamiento del sitio. Normalmente se cuenta sólo con modelos sencillos y en algunas ocasiones sin validar.
- Selección de los valores de los parámetros de exposición.- Lo ideal es obtener información específica en el sitio, sin embargo muy frecuentemente no se hace y se usan valores estándar para muchos de los parámetros que se usan en la estimación de la dosis. Por ejemplo; se fijan valores para tasas de contacto como ingesta diaria de agua, consumo diario de pescado, etc., o para longitud de los periodos de exposición por duración promedio en un determinado domicilio o en un trabajo, etc.

3.2.1.3 - Evaluación de las incertidumbres

La evaluación de las incertidumbres es un aspecto muy importante en la evaluación de riesgos. Algunas de las fuentes de incertidumbre se pueden cuantificar, a las otras se les da un tratamiento cualitativo, pero siempre se analizan. Es conveniente conocer las posibilidades de que las incertidumbres se magnifiquen a lo largo del proceso de evaluación.

Identificación.- Las incertidumbres más importantes son las siguientes:

- calidad de los datos de muestreo. Por ejemplo; si los datos de concentración de un determinado tóxico en el suelo no provienen de muestras representativas
- calidad de la información que se consultó para asignar categoría del uso actual del suelo y para hacer la estimación de las probabilidades de cambio del uso del suelo
- la eliminación de sustancias de la lista de tóxicos a considerar en el estudio
- la eliminación de rutas de exposición completas.

Se debe de revisar esta información para confirmar o revocar las decisiones que se hayan tomado antes. Los errores que se cometan en estos aspectos pueden llegar a invalidar los resultados del análisis de riesgos.

Otras fuentes importantes de incertidumbre son las inherentes a la evaluación de la exposición de los individuos a todas las sustancias. Estas incertidumbres son introducidas por:

- los datos de muestreo
- los modelos usados para estimar concentraciones de exposición, en la ausencia de datos experimentales
- la selección de niveles de los parámetros de insumos que no estén basados en datos experimentales

- Las incertidumbres adicionales que se introducen cuando se combinan las exposiciones a varias sustancias por varias rutas de exposición.

Es conveniente tener en cuenta y evaluar el posible efecto de las suposiciones más importantes que se tienen que hacer en la derivación de los modelos como son:

- la de suponer linealidad de respuesta
- homogeneidad
- condiciones de régimen estacionario o de equilibrio, etc.

Las distintas suposiciones pueden tener efectos diferentes en los resultados. Es necesario identificar las suposiciones claves, indicando el orden de magnitud de la sobrestimación o subestimación del riesgo.

Si no se dispone de datos de campo para validar un modelo, se puede hacer un análisis de sensibilidad limitado, para indicar la magnitud de la incertidumbre asociada al uso de ese modelo.

Es conveniente identificar cuáles de estos parámetros tienen más influencia en los resultados y los efectos sobre los resultados del hecho que se hayan dado valores estándar a los parámetros de exposición y de transporte. Lo anterior se determina por análisis de sensibilidad o por opinión de expertos. En el análisis de sensibilidad se calculan los riesgos dando diferentes valores a los parámetros y observando su efecto sobre los resultados.

Análisis.- Idealmente se debería hacer un seguimiento a lo largo de todo el proceso de evaluación de riesgo de cada una de las incertidumbres asociadas al cálculo de las exposiciones y así, caracterizar sus efectos sobre los resultados finales. A continuación se describen algunas formas de cómo evaluar las incertidumbres en forma cuantitativa, semicuantitativa y cualitativa.

Método Cuantitativo.- El método cuantitativo se puede aplicar cuando los modelos son sencillos y se conocen bien los valores de los parámetros de insumo. En este caso, el primer paso será la caracterización de las distribuciones de probabilidades de los valores de las variables y, el segundo será el estudio de la propagación de las incertidumbres de los valores de las variables, a través del proceso de cálculo, usando métodos analíticos (series de Taylor de primer orden) o por métodos numéricos (simulación Montecarlo).

Los métodos analíticos son posibles cuando se trata de pocas variables con distribuciones conocidas y de funciones lineales. En los casos más complejos se usan los métodos numéricos.

Los análisis de primer orden, con series de Taylor, están basados en la suposición de que la varianza total de la variable de salida del modelo, es una función de las

varianzas de las variables individuales de entrada al modelo y que la sensibilidad de la variable de salida es una función de las variables de entrada. La sensibilidad de la variable de salida se define como la primera derivada de la función o modelo. La derivada se puede generar en forma analítica o numérica.

En la simulación Montecarlo se estima una distribución de exposiciones o riesgos por medio de la resolución repetitiva de las ecuaciones del modelo. Se necesita definir la distribución de probabilidades para cada variable del modelo. De la distribución de riesgos que resulta se puede seleccionar un determinado percentil (por ejemplo el 95 en el caso de distribución de exposiciones).

Las técnicas cuantitativas requieren de la definición de las distribuciones de todas las variables de entrada y de la covarianza que existen entre ellas. El valor de estos métodos disminuye rápidamente, si no se conocen bien las distribuciones de una o más variables y, si se tienen que suponer los valores y las distribuciones de algunos de los parámetros. Las técnicas cuantitativas se vuelven más difíciles de documentar y revisar, a medida que aumenta el número de variables en el modelo.

El llevar acabo el análisis cuantitativo de las incertidumbres a veces lleva a una falsa percepción de confiabilidad en los resultados. Aún en los análisis más completos no se puede estar seguro de que se tomaron en cuenta todas las fuentes de incertidumbre y que se tomaron en cuenta todas las covarianzas.

Métodos Semicuantitativos. - Con frecuencia la información disponible es insuficiente para describir la distribución de valores de las variables, pero sí se pueden conocer los rangos dentro de los cuales toman valores los parámetros. En esta situación se pueden hacer estudios de sensibilidad de la variable de salida, determinar cuáles variables tienen más influencia en los resultados y calcular los rangos dentro de los cuales puede tomar valores la variable de salida. Se calcula el rango de la variable de salida del modelo (exposición) que resulte de asumir las combinaciones de valores extremos o medios de los parámetros de entrada.

La caracterización de las incertidumbres por medio de este método, se puede hacer presentando los rangos de las exposiciones o riesgos calculados en el análisis de sensibilidad y, por la descripción de las limitaciones en los datos que se usaron para estimar rangos plausibles de las variables de entrada del modelo.

Método cualitativo. - En la mayoría de los casos este es el método más adecuados para presentar el análisis de incertidumbres. Se describe en forma cuantitativa o cualitativa la incertidumbre de cada parámetro y se indica simplemente la influencia posible de estas incertidumbres en la estimación final del riesgo en base al conocimiento que se tenga de cada modelo.

En seguida se hace un resumen de la información y las incertidumbres que pueden estar asociadas a esas informaciones, que es conveniente tener a la mano cuando se está haciendo este tipo de análisis:

- lista de los parámetros de evaluación de la exposición tales como: velocidad de infiltración, duración de la exposición, factores de bioconcentración, peso corporal, etc.
- lista de los valores usados para cada parámetro y la razón para seleccionar ese valor
- distribución de valores de cada parámetro sean estos medidos o supuestos, considerando, si es posible, los siguientes: rango total, tipo de distribución, media (geométrica o aritmética), desviación estándar y percentiles específicos (mediana, percentil 95)
- incertidumbre en valores estadísticos usados en la evaluación de riesgos (por ejemplo, el error estándar de la media) o la falta de datos y calificadores
- dirección y magnitud potencial de las desviaciones en las estimaciones de riesgos introducidas por las suposiciones hechas y por la falta de datos.

Las curvas de nivel de riesgo que se calculan en base de exposiciones modeladas, son útiles para visualizar el efecto posible de contaminaciones actuales o futuras sobre las comunidades que viven cerca o en el sitio.

3.2.2 - Evaluación de la toxicidad

En la segunda parte de este libro, la cual se denomina Toxicología Ambiental, se analizó qué pasa cuando un tóxico entra al organismo y cómo cada individuo expuesto tiene sistemas bioquímicos para responder a la agresión química, que mecanísticamente pueden ser iguales, pero que pueden ser cuantitativamente diferentes, dependiendo de diversos factores ya sean, ambientales o propios de cada organismo. Se presentaron los mecanismos por medio de los cuales los tóxicos causan daños, así como los factores que tienen influencia sobre esa respuesta. Lo presentado en esas secciones ayuda a explicar la respuesta tóxica y su variabilidad. También se vio cómo la magnitud de las respuestas tóxicas están determinadas por la cantidad del tóxico que llega activo al tejido blanco.

Evaluación de la toxicidad, es la 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, para medir la peligrosidad es el índice de toxicidad.

3.2.2.1 - Información sobre toxicidad

La información sobre toxicidad es crítica en el proceso de evaluación de riesgos, sin embargo, la cantidad de datos sobre evaluación toxicológica es muy limitada y no es

fácil estimarla. La derivación e interpretación de los índices de toxicidad requiere de experiencia.

La EPA acumula información sobre la potencialidad de que un determinado compuesto sea un tóxico (cancerígeno o no-cancerígeno). Puede provenir de estudios epidemiológicos controlados, estudios clínicos, estudios fármaco-toxicológicos con animales experimentales, así como, información de apoyo provenientes de estudios *in vitro* y estudios comparativos entre estructura y actividad.

Los resultados de los estudios epidemiológicos bien diseñados y conducidos que muestran una correlación positiva entre un agente y una enfermedad, presentan la evidencia más convincente de que el compuesto es un tóxico para humanos. Las bases de datos sobre toxicidad contienen muy poca información de efectos tóxicos observados en humanos, porque normalmente las exposiciones no son intencionales y por lo tanto no son estudios controlados.

Si no se cuenta con información proveniente de estudios con humanos, lo que se hace es inferir el potencial de una sustancia para producir efectos adversos en el hombre, a partir de información obtenida con mamíferos experimentales (ratas, ratones, conejos, cueros, perros o monos).

Hay ocasiones en que las observaciones con animales son de relevancia incierta para humanos. Se considera más probable que un agente tendrá efectos adversos en el hombre, si éstos se observan en diversos experimentos con animales de diferente especie, cepa, en ambos sexos, y por diferentes rutas de exposición. Se le da más credibilidad a los resultados, si se tiene información proveniente de estudios de metabolismo comparado, que demuestren que la sustancia experimental biotransformaciones similares en el animal de laboratorio y en el hombre.

Los estudios de los efectos de un compuesto sobre poblaciones microbianas y células en cultivos de tejidos proporcionan información sobre su toxicidad. Por ejemplo, se refuerza la sospecha de que un compuesto es cancerígeno si se demuestra *in vitro* que produce daño al DNA, aberraciones cromosomales, transformación de células y es mutagénico. Estos resultados también dan información sobre el mecanismo potencial de carcinogenicidad. Por otro lado, los resultados negativos en estos estudios de genotoxicidad de corta duración, no se consideran que son suficientes para desechar los resultados obtenidos en estudios de carcinogenicidad de larga duración con animales.

Los estudios de Estructura-Actividad (o sea la predicción de actividad toxigénica basada en el análisis de la estructura química) son otra fuente potencial de información de apoyo. En algunos casos, se usa la información sobre toxicidad de un compuesto para estimar la actividad de otro compuesto de estructura parecida para el que no existe información experimental.

La EPA está estudiando la adopción de nuevos lineamientos para hacer la evaluación de riesgos de cáncer en sitios contaminados. La metodología actual está basada en los conocimientos que existían hace 10 años, está modificándose para dar mayor peso a

los estudios de genotoxicidad, reflejando el incremento en la confianza que se tiene en el resultado de estos estudios, después del desarrollo, durante esta década, que han experimentado las distintas técnicas de laboratorio.

El primer paso en la evaluación de la toxicidad es obtener la información sobre los daños que pueden producir los tóxicos presentes en el sitio. Se obtiene la información sobre la evidencia de que el compuesto es cancerígeno humano o tóxico para el desarrollo, así como los índices que corresponden a los distintos modos de acción de la sustancia (cancerígenos, no-cancerígenos, tóxicos para el desarrollo) correspondientes a los distintos períodos de exposición y vías de exposición.

La mayoría de los índices de toxicidad publicados se calcularon en base a los niveles de efectos críticos observados experimentalmente, en donde se midieron las dosis suministradas y no las dosis absorbidas. Cuando se obtienen valores calculados usando dosis absorbidas, es necesario transformarlos a valores equivalentes en dosis suministradas.

La EPA ha hecho el trabajo de analizar la información toxicológica de buena calidad que existe y la ha acumulado en varias tablas electrónicas para consulta en línea o en publicaciones periódicas. Estas tablas constituyen las mejores fuentes de información sobre índices de toxicidad disponible. Las más importantes son:

Sistema IRIS - IRIS (Integrated Risk Information System) es una base de datos que contiene información actualizada sobre toxicidad y la normatividad para el uso de numerosas sustancias. Sólo está disponible para consulta en línea y se puede acceder desde la página electrónica de la EPA.

IRIS contiene los valores verificados de las DdR y de los Factores de Pendiente y especifica el nivel de incertidumbre usados en la derivación de DdR.

La base de datos consiste de una colección de archivos que se van actualizando a medida que la información científica se revisa. Se tiene un archivo por cada sustancia.

Se agregan nuevos archivos a medida que la información va estando disponible. Hasta 1998, se cuenta con archivos para más de 500 sustancias.

Los archivos contienen la siguiente información cuantitativa arreglada en las siguientes categorías:

- DdR crónicas para vía oral e inhalada
- Factores de Pendiente y Unidades de Riesgo para exposición crónica por vía oral o por inhalación
- HA para agua potable
- Resúmenes de la normatividad que aplica la EPA
- Datos suplementarios sobre peligros agudos para la salud, así como información fisicoquímica
- Bibliografía sobre los estudios toxicológicos hechos con la sustancia

La base de datos IRIS no contiene información sobre toxicidad a niveles de exposición mayores que los efectos críticos.

Los índices que están esperando la decisión de los grupos de trabajo para ser declaradas como valores verificados se les conoce como índices interinos y no aparecen en IRIS.

Tablas HEAST.- Las tablas HEAST (Health Effects Assessment Summary Tables) contienen información sobre DdR y Factores de Pendiente interinos, así como otros datos de toxicidad de algunas sustancias. Tienen información bibliográfica sobre estudios de toxicidad. Estas tablas son de gran utilidad cuando la información que se necesita no se encuentra en IRIS. Las tablas se publican trimestralmente.

Otros Documentos.- Cuando no se encuentra información, en las fuentes arriba mencionadas, sobre la toxicidad de la sustancia de interés, se pueden consultar otras publicaciones que contienen información general, tales como los documentos que especifican criterios de calidad de agua potable y pureza del aire.

La ATSDR (Agency for Toxic Substances and Disease Registry) publica una serie de documentos que se llaman Perfiles Toxicológicos. Contienen información general sobre toxicidad y niveles de exposición asociados con letalidad, cáncer, genotoxicidad, neurotoxicidad, toxicidad para el desarrollo y la reproducción, inmunotoxicidad y toxicidad sistémica (hepática, renal, respiratoria, cardiovascular, gastrointestinal, hematológica, músculo-esquelética y dermo/ocular). Los Perfiles contienen información sobre los efectos tóxicos observados en el hombre y en los animales, por ruta de exposición y duración (aguda, intermedia, crónica). Los perfiles también incluyen capítulos sobre propiedades fisicoquímicas y métodos analíticos.

Los Perfiles Toxicológicos de ATSDR son adecuados para obtener información en forma rápida de los efectos adicionales a la salud que puedan ocurrir por exposiciones de mayor nivel que los que producen los efectos críticos.

Es conveniente hacer notar que ATSDR y EPA definen en forma diferente algunas de las variables que entran en el cálculo de los índices de toxicidad. Es necesario tener cuidado al mezclar los datos provenientes de estas dos fuentes de información.

3.2.3 - Selección de índices de toxicidad.

Después de que se ha recolectado la información de toxicidad para los compuestos en cuestión, el siguiente paso es identificar los índices de toxicidad que se van a usar para estimar los efectos asociados con las exposiciones específicas que se desean evaluar.

En primer lugar, en base a la información generada sobre exposiciones, se seleccionan los Factores de Pendiente para los cancerígenos, las DdR para respuestas a no-cancerígenos para tóxicos para el desarrollo.

Se seleccionan los índices de acuerdo a los periodos de exposición (crónicos, subcrónicos o agudos) y de acuerdo con las vías de exposición (oral, inhalación y cutánea).

Las fuentes preferenciales de información son las tablas enumeradas en la sección anterior.

3.2.3.1 - DdR para Efectos No-cancerígenos

Se usan las DdR crónicas para periodos de exposición mayores de 7 años, las DdR subcrónicas para exposiciones de 2 semanas a 7 años y las HA de 1 y 10 días para exposiciones orales de menos de 2 semanas. De acuerdo con la EPA los AH de 1 día se pueden usar para exposiciones de hasta 5 días y las HA de 10 días se pueden usar para exposiciones de hasta 2 semanas. Las DdR de desarrollo se deben utilizar para exposiciones únicas y para exposiciones de muy corta duración (1 día).

Para algunas sustancias y para algunas exposiciones se pueden usar más de una DdR.

Debido a que algunos cancerígenos también presentan efectos no-cancerígenos, es conveniente localizar las DdR para estos compuestos. Las DdR para cancerígenos están derivadas para efectos no-cancerígenos y no se debe de suponer que se está logrando protección contra carcinogenicidad.

3.2.3.2 - Factores de pendiente para efectos cancerígenos

En este paso de la evaluación de la toxicidad se identifican los índices apropiados para evaluar los riesgos de carcinogenicidad asociados con las exposiciones evaluadas. Primero, con base a los resultados de la evaluación de la exposición, se identifican las rutas de exposición a los cancerígenos potenciales. Se calculan los Factores de Pendiente para los agentes identificados usando las jerarquías de fuentes presentadas anteriormente. Se deben encontrar los q_i^* para todos los agentes clasificados como cancerígenos humanos comprobados y probables que se hayan encontrado en el sitio.

3.2.3.3 - Información contenida en la evaluación de la toxicidad.

La evaluación de la toxicidad debe de contener la siguiente información:

- Factores de Pendiente para todos los cancerígenos
- Clasificación por peso de la evidencia de todos los cancerígenos
- Tipo de cáncer producidos
- DdR crónicas, subcrónicas o de corta duración para todas las sustancias, incluyendo los cancerígenos
- Efectos críticos en los que se basan las DdR
- Discusión de las incertidumbres, FIs y FM utilizados para derivar cada DdR, y grado de confiabilidad de las DdR (alto, medio, bajo)

- Especificar si los índices de toxicidad están calculados en base a las dosis suministradas o absorbidas
- Datos farmacocinéticos que puedan calificar las extrapolaciones de animales a humanos
- Incertidumbres en las extrapolaciones de ruta a ruta.

Incertidumbre en la evaluación de la toxicidad.- Se debe analizar la información sobre las incertidumbres inherentes a los índices de toxicidad para todas las sustancias que contribuyen más significativamente a los riesgos de cáncer y a los índices de peligro. El análisis se hace en base a los siguientes factores:

- peligros cualitativos (o sea potencialidad de toxicidad para humanos)
- derivación de los índices de toxicidad
- información con humanos y animales
- duración del estudio (uso de datos crónicos para estimar DdR subcrónicas) y consideraciones especiales
- potencialidad de interacciones sinérgicas o antagónicas con otras sustancias a las que puedan estar expuestos los mismos individuos
- cálculo de riesgos de cáncer para exposiciones vitalicias sobre la base de exposiciones de más corta duración

Para cada substancia no incluida en la evaluación cuantitativa de riesgos por falta de información toxicológica adecuada, el evaluador deberá proporcionar la información siguiente:

- posibles efectos sobre la salud
- posibles consecuencias sobre el estudio de riesgos causadas por la exclusión.

3.2.4 Estimación de riesgos

Como se mencionó antes, el riesgo se calcula por separado para cancerígenos y no cancerígenos. Para este último caso se calculan los Cocientes de Peligro dividiendo el valor de la dosis suministrada por cada ruta entre el valor de la dosis de referencia. Se deben seleccionar las DdR para los mismos períodos y vías de exposición que se usaron en la estimación de las dosis suministradas/absorbidas. La dosis suministrada para el cálculo de riesgos de cáncer se debe estimar para exposiciones por todo el período vital (70 años).

3.2.4.1 -- Prueba de consistencia y validez

Los números que se comparen en la estimación de riesgos, además de ser válidos, deben ser consistentes entre sí. Es necesario probar la validez de las suposiciones claves más comunes que se hicieron en los estudios de exposición y de toxicidad para cada tóxico y ruta de exposición evaluada. Estas suposiciones incluyen los períodos de promediación de las exposiciones, la vía de exposición y los ajustes de la

absorción. El principio básico, en este caso, es asegurarse que las estimaciones de exposición correspondan tan cercanamente como sea posible con las suposiciones utilizadas en el desarrollo de los índices de toxicidad.

Períodos de promediación de la exposición.- Si los índices de toxicidad están basados en exposiciones vitalicias, entonces la evaluación de la exposición deberá estar expresada en los mismos términos.

Para estimar riesgos de cáncer se deben usar promedios de exposiciones vitalicias, y si se tienen exposiciones más cortas, éstas deben expresarse en equivalentes de exposiciones vitalicias.

Para evaluar efectos no-cancerígenos para exposiciones no vitalicias, no se deben comparar DdR crónicas con exposiciones de más corta duración. En su lugar se deben usar DdR subcrónica o para exposiciones cortas.

Las exposiciones usadas en los estudios de toxicidad deben ser semejantes a las duraciones de las exposiciones evaluadas en el sitio, para que las estimaciones de los riesgos sean suficientemente conservadoras y protejan adecuadamente la salud humana, particularmente en los efectos subcrónicos y de corta duración. Si no se cuenta con datos de toxicidad para exposiciones de corta duración, se pueden utilizar las DdR crónicas como un valor inicial. Si la relación de la dosis de exposición de corta duración a la DdR crónica es menor a la unidad, entonces hay muy pocas probabilidades de que se presenten efectos adversos. Si este cociente es mayor que 1, se deben localizar o producir valores de DdR para el periodo adecuado, y así confirmar la existencia de una amenaza significativa para la salud.

Vía de exposición .- Se debe confirmar que los índices de toxicidad para cada ruta de exposición sean consistentes con la vía de ingreso del tóxico ambiental (o sea oral con oral, inhalación con inhalación, etc.). Cuando las sustancias tienen efecto en el sistema de ingreso, no es posible extrapolar los índices de toxicidad de una vía a otra. Por ejemplo, un índice de toxicidad basado en la aparición de tumores localizados en los pulmones, que resultan solamente de la inhalación de la sustancia, no será apropiado para estimar el riesgo cuando en el sitio sólo se observa una exposición cutánea. En la actualidad, sólo se considera (por la EPA) como apropiado que se extrapolen a exposición dérmica, índices desarrollados con exposiciones orales. No se recomienda que se extrapolen índices derivados por exposición por inhalación para usarse en evaluación de riesgos por exposición oral, aunque en algunas ocasiones sí se hace.

Las DdR de inhalación (DdRi) obtenidas en IRIS, normalmente estarán expresadas como concentraciones en el aire ambiente (unidades: mg/m^3) y no como dosis administradas ($\text{mg}/\text{Kg} \cdot \text{día}$). Será necesario transformar las unidades para que sean las mismas unidades en las que se calculen las dosis suministradas estimadas en la evaluación de la exposición. Se tiene que multiplicar la DdRi por 20 para considerar

el volumen de aire inhalado por una persona por día expresado en metros cúbicos, y dividir por 70 que es peso promedio de la población expresado en kilogramos.

Ajustes a la absorción.- Debe de corroborarse que las exposiciones y los índices de toxicidad estén ambos expresados como dosis suministradas o como dosis absorbidas. Con la excepción de las exposiciones dérmicas, los índices en las tablas de la EPA están referidos a las dosis suministradas. En el caso de las exposiciones cutáneas los índices se calculan con las dosis absorbidas.

Los ajustes que hay que hacer para transformar de un tipo de dosis a la otra, dependen de la información de toxicidad disponible. La evaluación de exposición por exposición cutánea está expresada como los miligramos de la sustancia absorbida por Kg. de peso corporal por día. Es necesario derivar un índice de toxicidad basado en dosis absorbidas. Hay algunas sustancias como el TCE, para las cuales los índices de toxicidad están basados en dosis absorbidas. En este caso las exposiciones se tendrán que modificar para que reflejen dosis absorbidas.

En algunas ocasiones, es conveniente, corregir por diferencias entre las eficiencias de absorción por medio de exposición por ejemplo, alimentos, suelos o agua por vía oral y agua o partículas por inhalación, aunque no siempre se recomienda hacerlo. Sólo si se tienen argumentos de peso que justifique la corrección.

Los valores de DdR y FP para ingestión (vía oral) publicados, normalmente suponen ingestión en solución acuosa, aunque en muchas ocasiones los experimentos usaron aceite de maíz como vehículo. Esto proporciona un factor de incertidumbre adicional.

3.2.4.2 - Riesgos por sustancias individuales

3.2.4.2.1 - Efectos cancerígenos

Para cancerígenos, los riesgos se estiman como el incremento en la probabilidad de que un individuo desarrolle cáncer durante su periodo vital como resultado de la dosis suministrada por la exposición a un agente cancerígeno. O sea lo que se calcula es el incremento del riesgo de desarrollar cáncer.

El Factor de Pendiente (FP) convierte directamente los insumos diarios estimados promediados para el periodo vital en el incremento del riesgo de que un individuo desarrolle cáncer. Debido a que las dosis a las que se exponen los individuos en el medio ambiente son generalmente muy pequeñas comparadas con las que se utilizan en experimentos con animales, se supone que la relación dosis-respuesta es lineal (la parte de dosis bajas en la curva dosis-respuesta obtenida por extrapolación a dosis cero usando el modelo multipasos del cáncer). Bajo esta suposición el factor de pendiente es una constante y el riesgo será directamente proporcional a la dosis.

$$\text{Riesgo} = D_s \times FP$$

Donde: Riesgo es la probabilidad adimensional de que un individuo desarrolle cáncer

D_s es el Insumo diario crónico promediado durante 70 años en mg/Kg. x día

FP es el factor de pendiente y tiene las unidades de 1/(mg/Kg. x día).

La ecuación anterior es válida a niveles bajos de riesgos (por abajo de 0.01). Si los riesgos son mayores se tendrá que usar otra ecuación:

$$\text{Riesgo} = 1 - \exp(-D_s \times FP)$$

Donde las variables se definen igual que en la ecuación anterior.

Debido a que los valores de FP son a menudo el límite superior de confianza al percentil 95 de la probabilidad de respuesta basado en datos de experimentación con animales utilizando el modelo de multipaso para extrapolar a dosis bajas, el riesgo de cáncer estimado será generalmente una estimación alta. Esto significa que se tiene confianza del que el riesgo real no excederá el riesgo estimado por este modelo y que lo más probable es que sea menor al que se predijo.

El incremento en el riesgo de cáncer que es permisible depende de la legislación de un país. El valor que se considera socialmente aceptable en los Estados Unidos es de una probabilidad de 10^{-4} a 10^{-7} y el nivel para cada sustancia es especificada por EPA.

3.2.4.2.2 - Efectos no-cancerígenos

La medición usada para describir el potencial de que ocurra una toxicidad de no-cancerígeno en un individuo no está expresada como la probabilidad de que un individuo sufra un efecto adverso. En su lugar el potencial de efectos no-cancerígenos se evalúa comparando el nivel de exposición especificado durante un determinado periodo (por ejemplo el periodo vital) con una dosis de referencia derivada para un periodo similar de exposición. Esta relación de exposiciones a tóxicos se le denomina Cociente de Peligro y se define así:

$$\text{Cociente de Peligro} = D_s/DdR$$

Donde: D_s = Nivel de Exposición (o insumo o dosis suministrada)

DdR = Dosis de Referencia

D_s y DdR deben de estar expresadas en las mismas unidades y representar el mismo periodo de exposición (o sea crónica, subcrónica o de corta duración).

Este cociente supone de que hay un nivel de exposición (DdR) abajo del cual es poco probable que se presente un efecto adverso, aún en poblaciones sensible. Si los niveles de exposición exceden este valor, entonces existe el peligro de que potencialmente se presenten efectos no-cancerígenos. En general entre mayor sea el valor del cociente arriba de la unidad mayor será la preocupación de que se presente un efecto. El valor del cociente no debe de interpretarse como una probabilidad de que se presente un efecto adverso. La curva dosis-respuesta no es lineal así que no hay proporcionalidad directa a valores muy superiores a la DdR. Las exposiciones crónicas (7 años o más) como las que experimentan los usuarios de servicios de agua potable y los residentes del sitio son importantes siempre, las subcrónicas (2 semanas a 7 años) como las que experimentan estudiantes de secundaria que van sólo tres años a una escuela localizada en el sitio, son frecuentemente de interés. Las exposiciones de corta duración sólo son importantes si hay tóxicos para el desarrollo presentes en el sitio.

3.2.4.3 - Riesgos agregados de varias sustancias

Los riesgos de cáncer y los coeficientes de peligro que se calculan por la exposición a una mezcla de varias sustancias, al sumar los riesgos por la exposición a cada sustancia individual, puede resultar en una subestimación del riesgo de exponerse a todas en forma simultánea.

El cálculo de riesgos por exposición a mezclas, se hace suponiendo que los efectos son aditivos a menos que se tenga información específica sobre las mezclas que se presentan en el sitio y normalmente no se cuenta con esa información.

El modelaje del movimiento de mezclas en el ambiente es difícil, dado que es probable que los diferentes componentes de la mezcla se comporten en forma diferente y, la mezcla vaya cambiando de composición a medida que se mueve a lo largo de la ruta de exposición. El hecho de que se desprecien los efectos de potenciación o de antagonismo entre los tóxicos presentes en la mezcla, incrementa las incertidumbres sobre la validez de los resultados.

3.2.4.3.1 - Efectos cancerígenos

La ecuación para el cálculo de riesgo de cáncer que se presenta más abajo estima el incremento del riesgo de un individuo de contraer cáncer por exposición vitalicia a varios cancerígenos. El modelo de simple sumatoria de riesgos es adecuado para riesgos ambientales.

Las suposiciones que se hacen son:

- que las dosis de cada una de las sustancias es pequeña

- que hay independencia de acción para todos los compuestos involucrados, o sea que; no hay efectos químicos sinérgicos o antagónicos y que todas las sustancias producen el mismo efecto: cáncer. Cuando los riesgos totales son menores de 0.1, la diferencia que se calcula con esta suposición es despreciable con respecto a los efectos que se estimarían usando modelos más estrictos.

Si alguna de estas suposiciones no se cumplen entonces tendremos sobrestimaciones o subestimaciones del riesgo real por la exposición múltiple. Así pues, se calcula el riesgo total de cáncer para cada ruta sumando los riesgos presentados por cada sustancia. El riesgo de cáncer que resulte se debe expresar con sólo una cifra significativa.

$$\text{Riesgo}_T = \text{Riesgo}_1 + \text{Riesgo}_2 + \text{Riesgo}_3 + \dots$$

Donde: Riesgo_T = Riesgo total de cáncer (probabilidad adimensional)
 Riesgo_1 = Riesgo estimado para la sustancia 1
 Riesgo_2 = Riesgo estimado para la sustancia 2, etc.

Es conveniente considerar las limitaciones de esta forma de calcular el riesgo de exposiciones simultáneas:

- Los FP representan el límite superior de confianza percentil 95 de la potencia del cancerígeno, como los percentiles 95 no son estrictamente aditivos, el riesgo de cáncer calculado se vuelve artificialmente más conservador. Si uno o dos componentes de la mezcla son los que dominan el riesgo el problema es menor
- El cálculo de riesgo total descrito le da el mismo peso a los cancerígenos independiente de su clasificación como A, B o C. Esto es equivalente a dar la misma validez a los datos derivados de trabajos con animales experimentales o provenientes de estudios de poblaciones humanas
- la acción de dos cancerígenos puede no ser independiente.

3.2.4.3.2 - Efectos no-cancerígenos

Para evaluar el potencial total de efectos no-cancerígenos producidos por la exposición simultánea a más de una sustancia, se ha desarrollado el cálculo del Índice de Peligro (HI).

Se hace las siguientes suposiciones:

- que se pueden producir efectos adversos para la salud por la exposición a una mezcla de varias sustancias, aunque la concentración de cada una de ellas esté por abajo de los niveles de tolerancia

- la magnitud del efecto adverso será la suma de los cocientes de peligro obtenidos dividiendo los niveles de exposición D_s por su respectivo DdR .

El Índice de Peligro es igual a la sumatoria de los Cocientes de Peligro. Las D_s y las DdR deben representar los mismos periodos de exposición (crónicas, subcrónicas y de corta duración)

$$HI = (D_{s1}/DdR_1) + (D_{s2}/DdR_2) + (D_{s3}/DdR_3) + \dots$$

Donde: HI es el índice de peligro y las D_s y las DdR representan las dosis suministradas al nivel de las EMR y las Dosis de Referencia para cada sustancia.

Cuando la sumatoria es mayor que la unidad se interpreta como que existe el peligro de que se presenten efectos adversos.

Si la D_s de cualquiera de los componentes de la mezcla excede su DdR hará que el Índice sea mayor que uno, sin embargo el Índice puede llegar a uno, aún si la D_s de ninguno de los componentes de la mezcla por sí sola excede su DdR .

Recuérdese que se tienen que considerar también los efectos no-cancerígenos de los cancerígenos presentes.

Los Índices de Peligro para exposiciones crónicas, subcrónicas y de corta duración se calculan por separado usando las DdR y las D_s adecuadas, tal como se presenta en el siguiente cuadro:

$$HIc = (Dc/DdRc)_1 + (Dc/DdRc)_2 + \dots$$

$$HIs = (Ds/DdRs)_1 + (Ds/DdRs)_2 + \dots$$

$$HIa = (DA/DdRa)_1 + (DA/DdRa)_2 + \dots$$

Donde: HIc , HIs y HIa son los índices de peligro crónicos, subcrónicos y por exposiciones agudas respectivamente. D_c son las dosis diarias crónicas, D_s son las dosis diarias subcrónicas y D_A son las dosis diarias para exposiciones agudas (de un día a 2 semanas). $DdRc$, $DdRs$ y $DdRa$ son las dosis de referencia crónica, subcrónica y para exposiciones únicas o agudas respectivamente. Para exposición oral a tóxicos en el agua potable se pueden usar las HA en lugar de $DdRa$.

Esta forma de calcular el efecto de mezclas tiene varias limitaciones:

- Como ya se mencionó antes, el nivel de peligro no se incrementa linealmente a medida que se acerca o se excede la DdR .
- Se usan indistintamente valores de las dosis de referencia que podrían no ser compatibles por: a) provenir de estudios que tengan niveles de precisión y exactitud diferentes b) que incluyan diferentes ajustes por factores de incertidumbre y de modificación, por extrapolación de animales a humanos, de LOAEL a NOAEL, de un periodo de exposición a otro c) no estar basadas en la

misma severidad de efectos d) estar basadas en efectos críticos que pueden tener significación toxicológica distinta.

- La suposición de aditividad de las dosis se aplica más estrictamente para compuestos que inducen el mismo efecto y que tienen el mismo mecanismo de acción. Cuando no es así el cálculo de Índices de Peligro resulta en un valor sobre estimado.

3.2.4.4 - Riesgos agregados de varias rutas

En esta sección se analizan las bases para determinar cuándo y cómo se deben combinar estimaciones de riesgos en las poblaciones que quedan expuestas a una sustancia tóxica por más de una ruta.

Los individuos pueden estar expuestos, a una sustancia o mezcla de sustancias, por más de una ruta de exposición. Por ejemplo, un individuo puede estar expuesto a una o varias sustancias provenientes de un sitio de desechos peligrosos, porque consume agua de un pozo que se haya contaminado, alimentos contaminados producidos en el sitio y que inhale polvos originado en el sitio.

3.2.4.4.1 - Combinaciones razonables de rutas de exposición

Determinar, si es conveniente o no, combinar los riesgos e índices de peligro provenientes de dos o más rutas de exposición, de un individuo o grupos de individuos se hace en dos pasos:

- identificando la combinación razonable de rutas exposición
- determinando si es probable que los mismos individuos estarán consistentemente encarando la exposición máxima razonable desde más de una ruta.

Para ello, se identifican las rutas de exposición que tienen el potencial de exponer al mismo individuo o subpoblación por las distintas vías de exposición, asegurándose de que se consideren las exposiciones, a más alta concentración, para los usos actuales y futuros del suelo. Ejemplo de ello serán; el pozo más cercano aguas abajo, el receptor más cercano en la dirección de los vientos dominantes etc.. Los riesgos de cáncer y el índice de peligro se calculan para cada ruta por cada tiempo y vía de exposición en particular. Estos valores no necesariamente se aplican en otro tiempo o punto de exposición.

Si dos rutas no afectan a los mismos individuos, los índices de peligro y las estimaciones de riesgo no se deben combinar.

Una vez que se han identificado las combinaciones razonables de rutas, se examinan para determinar si los mismos individuos estarán expuestos consistentemente a la EMR (Exposición Máxima Razonable).

Recuérdese que la EMR para cada ruta de exposición se estima utilizando valores conservadores de los parámetros (v.g; se usa el límite superior de confianza percentil 95 para el volumen de agua consumido, el límite superior de confianza percentil 95 del promedio de las concentraciones de tóxico contactadas) Recuérdese también que algunos parámetros de exposición no son predecibles en el espacio y en el tiempo (v.g; la concentración máxima de la pluma de contaminación del acuífero se puede mover y sobrepasar el pozo).

En situaciones reales, donde las concentraciones varían con el tiempo y el espacio, es difícil que un individuo enfrente la EMR en más de una ruta al mismo tiempo. Unos individuos es posible que enfrenten la EMR en una ruta y otros individuos en otra ruta. Sólo si se encuentra justificable la suposición clave de que la EMR de más de una ruta se aplica a la misma subpoblación, entonces los riesgos de las rutas se deben de combinar.

En algunas situaciones, pudiera resultar apropiado combinar los riesgos de EMR de una ruta con la estimación de riesgos de otra ruta, los cuales han sido derivados a partir de valores más típicos de los parámetros de exposición. En esta forma, las estimaciones resultantes de los riesgos de combinación de rutas pueden relacionarse mejor con las condiciones de EMR.

3.2.4.4.2 - Suma de riesgos de cáncer

Se asume que los riesgos de cáncer provenientes de la exposición a varias rutas son aditivos, siempre y cuando sean para los mismos individuos y para los mismos periodos de exposición, o sea que si se tienen exposiciones de corta duración, éstas deberán expresarse como fracciones de exposiciones vitalicias. La sumatoria se representa en la siguiente ecuación:

$$\text{Riesgo de Cáncer por Exposición Total} = \text{Riesgo (ruta 1)} + \text{Riesgo (ruta 2)} + \dots$$

Un modelo más exacto incluye términos para interacciones entre los efectos. Las diferencias entre las dos ecuaciones para riesgos menores de 0.1 son despreciables.

3.2.4.4.3 - Suma de índices de peligro

Para estimar el potencial total de efectos no-cancerígenos para varias rutas, se calcula por separado el Índice de Peligro Total para cada período de exposición, ya sean; crónica, subcrónica y de corta duración, utilizando la siguiente ecuación:

$$HI_T = HI_1 + HI_2 + HI_3 + \dots$$

Donde: HI_T es el Índice por Exposición Total que se calcula para cada período de exposición. HI_1 , HI_2 , HI_3 son los índices de peligro calculados para cada ruta de exposición para cada período de exposición.

Cuando el HI_T de un individuo o subpoblación excede la unidad se considera que el sitio puede presentar efectos adversos no-cáncer.

El valor de HI_T puede ser mayor de la unidad, aun si todos los HI de cada ruta son menores de 1. Si el HI_T se obtuvo combinando exposiciones a más de una sustancia, es conveniente considerar la segregación de las contribuciones de cada sustancia.

Las desviaciones son menos importantes si uno o dos compuestos son los responsables de que el Índice de Peligro exceda la unidad. Si HI es mayor de 1; como consecuencia de sumar varios cocientes de peligro de valor similar, es conveniente segregar los compuestos por efecto y mecanismo de acción y derivar HI para cada grupo.

3.2.4.4.3.1.1 - Segregación de Índices de Peligro

De la segregación de Índices por efecto y mecanismo de acción puede resultar un trabajo difícil y laborioso, ya que deben de clasificarse todas las sustancias de acuerdo a los órganos blanco y a los mecanismos de acción. Si la segregación no se hace correctamente puede resultar en una subestimación del Índice de Peligro.

Si uno de los HI calculados para un tipo de efecto es mayor de 1, entonces es indispensable segregar el cálculo de los HI.

Cuando dos compuestos producen efectos adversos en el mismo órgano, aunque sea por diferentes mecanismos, sus dosis se consideran aditivas.

Si se sabe que una determinada combinación potencia los efectos de un agente, por ejemplo; la toxicidad de una mezcla es 5 veces mayor que la suma de las toxicidades de los dos componentes, entonces lo anterior, se debe de tomar en cuenta para el cálculo del Índice. Si existe información sobre la mezcla, pero no es suficiente para hacer estimaciones cuantitativas, entonces se reporta en el informe de evaluación de riesgos en el apartado de Suposiciones.

La segregación de los HI requiere de la identificación de los efectos principales de cada sustancia, incluyendo aquellos que se observan a dosis más altas que los efectos críticos como en el caso de una sustancia que se sabe que puede causar daño en el hígado a una dosis de 100mg/Kg/día y, ser neurotóxico a una dosis de 250 mg/Kg./día). Las categorías de los efectos principales son: neurotoxicidad, toxicidad al desarrollo, toxicidad reproductiva, inmunotoxicidad, y efectos adversos por órgano blanco (hepático, renal, respiratorio, cardiovascular, musculoesquelético hematológico, y dermo-ocular). Se utiliza la DdR como índice de toxicidad para cada categoría de efecto, como una forma de simplificar las operaciones y obtener resultados más conservadores. Se hace esto, independientemente de que se estén analizando efectos adversos a la salud que requieran exposiciones más elevadas que el efecto crítico.

3.2.4.5 - Incertidumbres por exposiciones múltiples

Las incertidumbres asociadas con el hecho de sumar los riesgos e índices de peligro de varias sustancias son muy importantes en el paso de caracterización de riesgos. La suposición de que los efectos son aditivos, ignora la posibilidad de sinergismos y antagonismos entre las sustancias y, también asume que hay similitud en los mecanismos de acción y metabolismo. Desafortunadamente es muy raro que se tenga información cuantitativa sobre interacciones. En ausencia de información, la EPA considera que tanto los riesgos de cáncer como los índices de peligro son aditivos. Estas suposiciones se hacen para evitar la subestimación, de los riesgos de cáncer y de los índices de peligro en el sitio.

Es conveniente confrontar los resultados que se obtengan calculando los riesgos por exposiciones múltiples, a través del uso de los métodos descritos y con la información científica que se tenga de los tóxicos involucrados. Se debe analizar cómo afectan los resultados de la evaluación, las interacciones conocidas entre los tóxicos, lo que se sabe sobre la especificidad sistémica de cada tóxico, así como las diferencias que tengan en sus mecanismos de acción.

El análisis se vuelve más importante, si el valor estimado del índice total de peligro es mayor o casi igual a uno, cuando cada uno de los índices de peligro para cada sustancia en particular es menor que uno y si la incertidumbre pueda influir significativamente en la administración de riesgos en el sitio.

Se debe determinar en base a la información existente, sobre la especificidad de órganos blanco y mecanismos de acción, si el tratamiento de los riesgos de cáncer como aditivos, pudiera dar lugar a una sobre o subestimación del riesgo total.

3.2.4.6 - Interpretación de los resultados

En la presentación de los resultados se deben resaltar las conclusiones más importante del estudio.

Esta sección indica cómo se deben presentar e interpretar los resultados de la caracterización de riesgos. Los resultados de la evaluación de riesgos de línea base, no se deben tomar como una cuantificación absoluta del riesgo. La importancia de los riesgos de cáncer y de los índices de peligro estimados, se encuentra al resaltar las fuentes potenciales de riesgo en el sitio, de tal manera que se pueda tratar con ellos, en forma efectiva, en el proceso de restauración ambiental.

3.2.4.6.1 - Discusión de los resultados

La evaluación de riesgos debe especificar la magnitud y clase de riesgos que se presentan en el sitio, dentro del contexto de las incertidumbres inherentes al proceso de estimación de los riesgos y, sirve de base para diseñar el programa de administración o manejo de los riesgos. Esta sección describe una forma de discusión y presentación de los resultados.

La discusión deberá resumir los resultados cualitativos y cuantitativos obtenidos, calificándolos en base a las incertidumbres y suposiciones que se introdujeron en su obtención.

La discusión final de los resultados es un componente clave de la caracterización de los riesgos. La discusión proporciona el medio para situar los resultados numéricos, en el contexto de lo que se sabe y lo que no se sabe acerca del sitio y, en el contexto de las decisiones que se deben de tomar para seleccionar las alternativas de restauración. El contenido mínimo de la discusión deberá incluir lo siguiente:

1. Confianza de que se identificaron todos los contaminantes claves y discusión de las concentraciones de los contaminates, comparadas con los rangos de concentraciones normales en el ambiente
2. Una descripción de los distintos tipos de riesgos de cáncer y otros riesgos para la salud presente en el sitio (v.g. hepatotoxicidad, neurotoxicidad etc.), distinguiendo entre aquellos que se sabe se presentan en humanos y los que se suponen pueden presentarse en base a estudios realizados con animales
3. Nivel de confianza en la información cuantitativa sobre toxicidad que se usó en la estimación de riesgos
4. Presentación de la información sobre toxicidad de las sustancias que se detectaron en el sitio, pero que no fueron incluidas en la estimación cuantitativa de los riesgos

5. Nivel de confianza en las estimaciones de las exposiciones para las rutas claves y las suposiciones que se hicieron con respecto a los parámetros de exposición
6. La comparación de la magnitud de los Riesgos de Cáncer y de los Índices de Peligro con las metas de restauración: riesgo de cáncer = 10^{-6} y HI = 1
7. Los factores más importantes que determinan los riesgos en el sitio (substancias, combinaciones de substancias, rutas, combinaciones de rutas)
8. Los factores más importantes que disminuyen la confiabilidad de los resultados y el significado de estas incertidumbres
9. Características de la población expuesta y comparación con estudios de salud que se pudieran haber hecho en el sitio
10. Si la población potencialmente expuesta es grande, entonces se deben de enfatizar estos números, para que se le de la prioridad adecuada a la limpieza del sitio. Es conveniente revisar qué tan probable es que una población de tamaño grande esté toda expuesta a la EMR en forma consistente.

3.2.4.6.2 Resumen de la información de riesgos

Es conveniente presentar la información de riesgos en forma tal, que sea fácil de visualizar la información importante.

A los textos descritos en el párrafo anterior, se les puede agregar una tabla que resuma toda la información sobre Riesgos de Cáncer y sobre Índices de Peligro para todas las rutas y usos del suelo, para todas las substancias consideradas en la caracterización cuantitativa de riesgos e incluir gráficas de barras que permita al lector identificar de inmediato las rutas que más contribuyen a la exposición en el cálculo del Índice Total de Peligro, así como textos para identificar las substancias que determinan los índices de peligro para cada ruta.

Se pueden presentar gráficas que hagan más clara la visualización de los impactos de las diferentes suposiciones e incertidumbres, sobre las estimaciones finales de los riesgos de cáncer y los índices de peligro.

Las gráficas que relacionan el nivel de riesgo con las concentraciones de las substancias en los distintos medios con los costos probables de tratamiento, le pueden permitir a la gerencia del sitio ponderar con mayor facilidad las distintas alternativas de restauración.

En unos párrafos finales se deben de resumir los resultados más importantes de la caracterización de riesgos.