

# TOXICOLOGÍA

## Introducción

La toxicología es el estudio de los agentes físicos y químicos que producen respuestas adversas en los sistemas biológicos con que entran en contacto. Una forma sencilla de entender el nivel de riesgo potencial de una sustancia, será a través de la ecuación *exposición + toxicidad = riesgo para la salud*. La exposición se refiere a la relación entre el tiempo y la concentración en el ambiente al que la persona estará siendo expuesta al agente de riesgo, mientras que la toxicidad es un factor inherente a cada producto y que dice relación a su capacidad de provocar daños inmediatos o acumulativos a un ser vivo. Conocer este concepto es fundamental dentro de la actividad Hazmat, puesto que la salud y seguridad del personal de respuesta, de las unidades de apoyo, de la ciudadanía en general y del medio ambiente, deberán ser siempre una prioridad tanto en el desarrollo del plan de trabajo, como en la ejecución de las labores de control de la emergencia.

## Objetivos

Al final del curso los alumnos podrán:

Conocer los riesgos inherentes a la exposición a los diferentes tipos de contaminante.

Conocerán las vías de ingreso al organismo y los diferentes eventos que pueden lesionar al cuerpo humano.

Definir términos específicos relacionados con la exposición a contaminantes.

## Temario

1. Vías de ingreso al organismo
2. Valores de exposición y concentración
3. Eventos que pueden lesionar al cuerpo humano

### 1.- Vías de Ingreso al Organismo

Es importante saber que los contaminantes pueden ingresar a nuestro organismo de diferentes formas. No todos los materiales peligrosos se comportarán igual en este sentido y no siempre sabremos con claridad, cual de estas formas de ingreso será la preferida de un producto en particular. Por ello debemos tomar conocimiento de las tres y estar siempre protegidos en cada uno de estos aspectos.

#### **1. Vía Respiratoria**

Es la más común, puesto que los tóxicos se mezclan con el aire que respiramos, llegando a través de los pulmones con gran velocidad, a todo el resto del organismo a través del torrente sanguíneo. Debemos tener en cuenta que para que un elemento pueda ser inhalado, no necesariamente debe tratarse de un gas. Los líquidos pueden mezclarse con el aire en forma de aerosoles, así como los sólidos pueden viajar por el aire en forma de polvo

en suspensión. Para cuidarnos de sus efectos debemos protegernos con equipos de respiración autocontenida.

## 2. Vía Digestiva

No sólo por la ingesta directa del producto, sino a través de elementos contaminados que llevamos hasta nuestra boca y nariz. Estos contaminantes ingresan a nuestro organismo mezclados con la saliva. Por ello no debemos fumar o comer sin habernos alejado a la zona de seguridad y sin habernos lavado muy bien manos y cara.

## 3. Absorción Cutánea

Muchos contaminantes pueden ingresar al torrente sanguíneo a través de los poros de nuestra piel. Al igual que una crema humectante, son capaces de ser absorbidos con cierta rapidez por nuestra piel. Frecuentemente la gente olvida que ésta también es una puerta de entrada, sin embargo hay productos como el Fenol, que con sólo algunas gotas que caigan en la piel, pueden llegar a provocar la muerte. Tampoco debemos confiarnos en que la absorción cutánea es siempre acompañada de dolor o irritación, puesto que muchos productos tóxicos pueden ingresar por esta vía, sin que siquiera nos demos cuenta de ello. La piel representa una capa de protección, que cuando pierde su integridad, puede facilitar el ingreso de contaminantes al organismo. Especialmente riesgosas serán aquellas heridas, provocadas por cortes o heridas punzantes con elementos contaminados, puesto que colocarán el agente extraño directamente en el interior de nuestro cuerpo (*conocido como Parenteral*)

## 2.- Valores de Exposición y Concentración

Existen una serie de términos y unidades de medida, que sirven para expresar los valores de concentración de contaminantes y las dosis recibidas por un organismo. Veremos en esta sección que es la diferencia de dosis la que convierte a un remedio en un veneno.

### **Dosis Letal 50 (LD<sub>50</sub>)**

Es la dosis inyectada, absorbida cutáneamente o ingerida que provoca la muerte del 50% de los individuos de la muestra. Se expresa en miligramos de tóxico por kilogramo de peso del individuo (mg. x kg.)

### **Concentración Letal 50 (LC<sub>50</sub>)**

Es la concentración inhalada de un producto que es capaz de provocar la muerte del 50% de los individuos de una muestra, en un período de tiempo (normalmente 1 hora). Se expresa en partes por millón (PPM) para gases y vapores, en miligramos por metro cúbico (mg / mt<sup>3</sup>) para polvos.

### **Partes por Millón (PPM)**

Unidad de medida especialmente usada para establecer la concentración de un elemento. Para tener una idea de su significado numérico, podemos decir que 1 PPM corresponde a 6 gramos de aceite en un tanque de 8.000 litros de agua.

También se usan unidades aún más pequeñas como partes por billón (PPB) o trillón (PPT). 1 PPT es equivalente a un grano de sal en 10.000 toneladas de papas fritas.

Las siguientes unidades son ampliamente usadas en Norteamérica y muchas de ellas están enfocadas al cuidado de los trabajadores en una industria o proceso productivo en general. Pese a ello consideramos importante conocer su existencia y significado. Como norma general a nivel mundial se considera el uso de los elementos de protección personal como el último recurso para la protección de la salud de las personas. Esta es la razón por la que las unidades de medida que se presentan a continuación, corresponden a exposiciones sin el uso de estos elementos de protección. También cabe señalar que la fijaciones de los diferentes límites permisibles en el caso de Estados Unidos, están a cargo de la ACGIH (Conferencia Americana de Higienistas Industriales Gubernamentales)

### **TLV/TWA**

Según las normas Norteamericanas, corresponde a la concentración máxima que puede haber en el ambiente de un determinado elemento, sin que provoque daños a la salud su exposición durante 8 horas diarias en jornadas de 40 horas semanales. Sin duda esta es una medida usada para la Higiene Industrial, que difícilmente podrá ser usada por las unidades Hazmat. Sin embargo debemos tener en cuenta que mientras menor sea el número del TWA para un producto, mayor será su toxicidad. Se expresa en PPM o mg/m<sup>3</sup>.

### **TLV/STEL**

Es el límite de concentración que permite trabajos de 15 minutos un máximo de 4 veces al día, con descansos de al menos 60 minutos entre ellos. Existen algunos productos a los que el organismo americano encargado de fijar estos límites, no ha logrado aún determinar el TLV/STEL y sólo en esos casos, recomienda aplicar 3 veces el TLV/TWA para trabajos de 30 minutos diarios.

### **TLV/C**

Aquella concentración que jamás debe ser superada ni siquiera durante un instante sin equipo de protección personal. Se supone que una exposición instantánea en forma muy esporádica en el límite TLV/C aún no produce daños a la persona. Existen algunos productos a los que el organismo americano encargado de fijar estos límites, no ha logrado aún determinar el TLV/C y sólo en esos casos, recomienda aplicar 5 veces el TLV/TWA.

### **IDLH**

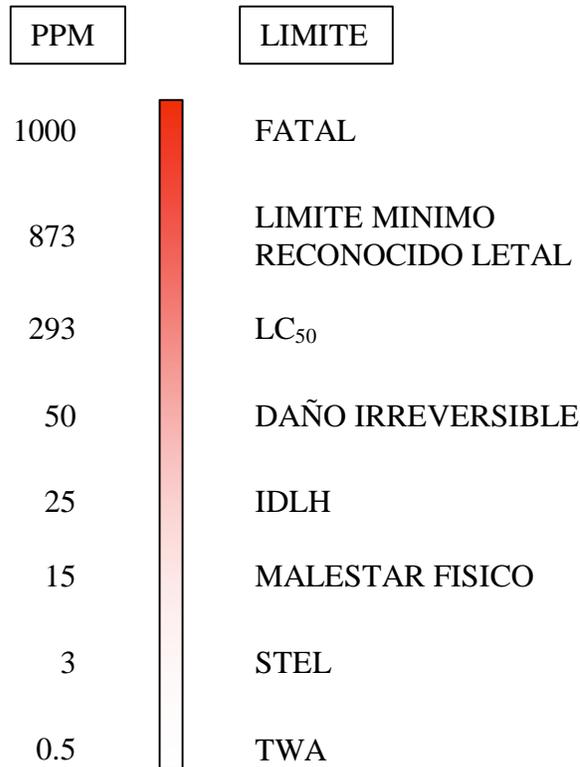
Es el nivel de concentración que es inmediatamente peligroso para la salud y la vida. A diferencia del TLV/C, alcanzar este límite aún durante una mínima exposición, puede significar la muerte o un daño irreversible. Existen algunos productos a los que el organismo americano encargado de fijar estos límites, no ha logrado aún determinar el IDLH y sólo en esos casos, recomienda aplicar 10 veces el valor TLV/TWA.

### **ERPG-2**

A diferencia de los anteriores, este límite fue desarrollado por la (AIHA) American Industrial Hygiene Association) como una guía para establecer un valor aceptable de con-

centración, que permita una cierta tranquilidad de no provocar daños irreversibles en las personas que durante un incidente puedan estar expuestas al contaminante durante 1 hora. Este límite fue expresado como el equivalente al 10% del IDLH.

A continuación podemos ver en forma esquemática la distribución de los diferentes Límites Permisibles dependiendo de la concentración expresada en PPM, en este caso del CLORO.



### **3.- Eventos que Pueden Lesionar al Cuerpo Humano**

Los tóxicos que entran en contacto con el cuerpo humano, pueden provocar daños locales sólo en el punto de contacto, como por ejemplo una quemadura de piel por ácido. Sin embargo cuando ingresan al organismo a través del torrente sanguíneo, producen un efecto sistemático, que involucra a uno o varios sistemas del organismo. Hay órganos en nuestro cuerpo, que son especialmente sensibles a los tóxicos y no siempre corresponden al lugar del cuerpo donde se pueden encontrar los mayores niveles acumulados de dicho producto. Por ejemplo en el caso del plomo, la mayor acumulación de éste se encuentra en los huesos, sin embargo los efectos nocivos se producen por los daños que provoca en el riñón, en el sistema nervioso central y en el sistema circulatorio.

Por otro lado debemos señalar que nuestro cuerpo tiene una serie de sistemas de protección. Estas barreras protegen los órganos vitales de aquellos elementos nocivos que pueden provocar daños en él. Cada producto químico tendrá formas preferidas para ingresar al organismo con mayor facilidad y tendrá además una determinada relación de absorción. Esto se refiere a la velocidad con que un determinado producto puede ser absorbido por el cuerpo humano y más específicamente por un órgano determinado. Por otro lado nuestro organismo es capaz de eliminar las toxinas y micro organismos que le son dañinos a una determinada velocidad. Esta relación además puede estar influenciada por factores personales de cada individuo, como su edad, sexo, estado físico y de salud. Al superar el nivel de absorción al nivel de eliminación de toxinas, es cuando nos encontramos frente a la clara posibilidad de sufrir un daño en nuestros sistemas orgánicos.

Existen 8 tipos diferentes de eventos que pueden lesionar el cuerpo humano según el detalle descrito a continuación.

### **Térmico**

Son aquellos eventos que someten al personal a temperaturas extremas. Altas temperaturas pueden encontrarse en incendios estructurales, fuegos de hidrocarburos, o en tantos otros. También será un riesgo presente para el personal que deba trabajar con trajes encapsulados a pleno sol durante el verano. Por otro lado se puede tener contacto con elementos extremadamente fríos como lo son los gases licuados y los materiales criogénicos. Debemos tener en cuenta que nuestro organismo puede sufrir graves trastornos al estar sometido a temperaturas extremas sin la protección adecuada, los que incluso pueden llevar a la muerte.

### **Mecánicos**

Se refiere a aquellos en que el cuerpo puede ser alcanzado por fragmentos durante una explosión, así como también los daños físicos provocados por golpes, caídas, cortes y en general todos aquellos eventos donde se aplica una cantidad de energía superior a la que es capaz de soportar nuestro organismo. Normalmente sus efectos son inmediatos y están más relacionados al concepto de accidente que al de enfermedad.

### **Venoso**

Son aquellos eventos donde determinados elementos tóxicos ingresan al organismo, dañando órganos y sistemas vitales. Hemos visto que estos productos pueden ingresar por diferentes vías y a diferencia de los eventos mecánicos o físicos, estos no siempre mostrarán sus efectos inmediatamente. Pueden ser acumulativos y pueden llevar a enfermedades crónicas a aquellos individuos que en forma reiterada estén en contacto con ellos. Generalmente los tóxicos provocan daños a determinados órganos del cuerpo con quienes existe una mayor afinidad. Es así como por ejemplo el benceno y el fenol atacan el sistema circulatorio, mientras que determinados pesticidas provocan daños en el sistema nervioso central.

## **Corrosivos**

Existen 2 tipos de corrosivos. Los *ácidos* como el nítrico o sulfúrico que pueden provocar graves quemaduras a la piel y daños irreversibles a los ojos. Las *bases* o materiales alcalinos como los hidróxidos de sodio y calcio, que atacan la grasa de la piel y pueden provocar heridas muy profundas. Generalmente los ácidos producen quemaduras poco profundas en relación a las bases. Los vapores de productos corrosivos pueden afectar severamente la vía respiratoria. Aquellos elementos fácilmente solubles en agua, afectarán las vías respiratorias superiores, mientras que los insolubles afectarán el sistema respiratorio inferior y pueden estos últimos, presentar sus efectos en forma retardada después de incluso un par de días.

## **Asfixiantes**

Son aquellos productos que impiden el normal abastecimiento de oxígeno a nuestro organismo. Se dividen en asfixiantes *simples* y *químicos*. Los simples son aquellos que desplazan al oxígeno reduciendo su concentración en el aire e impidiendo que nuestro organismo incorpore la cantidad necesaria de oxígeno para su normal funcionamiento. Ejemplos son el bióxido de carbono y el nitrógeno. Los químicos en cambio son aquellos que interfieren con el proceso interno de intercambio gaseoso de nuestro organismo. Estos últimos son muy variados y van desde aquellos como el monóxido de carbono que inhibe la transferencia de oxígeno a nivel pulmonar, o como el ácido cianhídrico que lo inhibe a nivel celular o como el ácido sulfhídrico en grandes concentraciones, que puede paralizar completamente el sistema respiratorio provocando una rápida muerte.

## **Analgésicos**

Son aquellos productos que en determinadas concentraciones en el ambiente, pueden adormecer a una persona e incluso provocar daños mayores directa o indirectamente. Recordemos que la diferencia entre un remedio o en este caso una anestesia y un tóxico, es la dosis administrada. Por otro lado si nos encontramos en un incidente en presencia de estos elementos, quienes no cuenten con la protección adecuada, podrían ser adormecidos quedando imposibilitados de escapar del lugar, siendo así sometidos a un tiempo de exposición mayor al agente, e incluso pudiendo quedar a merced de otros tipos de riesgo, como por ejemplo un incendio que logre avanzar hasta su posición. Ejemplos de ello son los conocidos éter y cloroformo.

## **Radiaciones**

Se dividen en *ionizantes* y *no ionizantes*. Las ionizantes son aquellas que involucran a emisiones de partículas alfa y beta, así como también a los rayos gama y X. El principal riesgo al que pueden estar sometidos los operadores Hazmat, se refiere al ingreso básicamente por la vía digestiva de elementos que emitan partículas alfa o beta, las que son de uso común en la industria en forma de isótopos radioactivos. Estas partículas tienen un bajo alcance en el espacio y pueden ser detenidas con bastante facilidad. Sin embargo al ingresar a nuestro organismo, el daño que provocan es normalmente fatal a mediano o largo plazo. Por otro lado las no ionizantes se refieren a aquellas emisiones como rayos infrarojos, ultravioleta, microondas y rayos láser, que dependiendo de su intensidad y del tiempo de exposición, pueden provocar severos daños al organismo.

## **Etiológicos**

Aquellos eventos en que nuestro cuerpo entra en contacto con micro organismos vivos, como virus, hongos y bacterias que al ingresar a nuestro organismo pueden provocar graves enfermedades. Especial cuidado se debe tener con muestras portadoras de tifus, hepatitis B y VIH (SIDA). Podemos encontrar estos elementos no sólo en los fluidos de las víctimas, sino que en laboratorios y hospitales. Especial cuidado se debe tener con el uso del agua en estos lugares, puesto que a través de ella se pueden propagar fácilmente enfermedades a la población. Tienen la gran desventaja de poder contagiarnos sin que nos demos cuenta, y los síntomas pueden demorar bastante tiempo incluso en presentarse.

## **Palabras finales**

Los 8 mecanismos o eventos en que podemos dañar nuestro cuerpo, pueden ser evitados si conocemos claramente sus riesgos y si cuidamos detalladamente su prevención. Recordemos que la mejor premisa para cuidarnos de sus efectos no parte con el uso de equipos de protección. Es muy probable que finalmente terminemos usándolos durante el control de un incidente Hazmat. Pero antes de ello, debemos entender los conceptos de concentración y de tiempo de exposición. Estos factores para nuestra realidad, pasan por no sentirnos jamás totalmente invulnerables con el uso de un equipo de protección. Ellos nos están dando un importante factor de seguridad, aunque su sólo empleo no nos asegura el éxito. Los trajes tienen sus límites, se pueden dañar con una lata o un clavo en medio de la zona caliente. Una mala descontaminación también nos puede dañar y poner en peligro nuestras vidas. Finalmente debemos recordar que no siempre los trajes que usamos cumplen con todas las normas de seguridad. Por problemas económicos es probable que trajes catalogados por el fabricante como desechables, sean reutilizados en varias oportunidades. Por todo esto, el tema de la toxicidad debe ser conocido por cada uno de los operadores, ya que ellos tienen un básico derecho a conocer los riesgos a los que están sometidos y exigir el más cabal seguimiento de las normas de prevención y seguridad que aseguren su integridad.

Las labores específicas de protección, prevención y control post-exposición, serán vistos más detalladamente en los ramos de prevención y seguridad.