



Módulo 1: Una introducción a la gestión de sustancias químicas

Las sustancias químicas más utilizadas: ¿hay algunos químicos mejores que otros?

© Mark Edwards / Still Pictures
Rociado de los criaderos de mosquitos para controlar la malaria, Camerún




OBJETIVOS DEL MÓDULO:

Este módulo pretende:

- Proporcionar información básica sobre sustancias químicas peligrosas, su toxicidad, sus propiedades y características, y sus efectos en la salud humana y medioambiental, particularmente para los y las trabajadores;
- Introducir los conceptos y principios de la química verde.

PUNTOS CLAVES DE APRENDIZAJE:

Al final del módulo el lector/a estará familiarizado con:

- La terminología relacionada con la gestión racional y sostenible de sustancias químicas;
 - Los distintos efectos sobre la salud humana y el medio ambiente, incluyendo las rutas de entrada de los químicos al cuerpo; y
 - El concepto de química verde.
- 

UNIDAD 1: ¿SABEMOS LO SUFICIENTE SOBRE LO QUE SE UTILIZA? ¿QUÉ SON LAS SUSTANCIAS QUÍMICAS PELIGROSAS?

UN POCO DE QUÍMICA BÁSICA¹²

Las sustancias químicas están en todas partes. Cualquier materia (por ejemplo, líquidos, sólidos y gases) está compuesta de elementos. Un elemento es la forma más simple de materia que existe. Actualmente, existen 106 elementos diferentes, incluyendo oxígeno, nitrógeno, carbono y muchas otras sustancias compuestas de átomos.

Un elemento químico simple es una **sustancia pura**. Cuando se produce una combinación de dos o más elementos o átomos, nos encontramos ante un **compuesto** (por ejemplo, agua (H₂O)).

A otro nivel, una **mezcla** es el nombre utilizado para referirse a una sustancia que contiene más de un elemento químico o compuesto, los cuales mantienen sus propiedades intrínsecas/características. Hay dos tipos distintos de mezclas:

- **Mezclas homogéneas**, conocidas como soluciones, que incluyen dos o más sustancias (solubles) disueltas en otra sustancia (solventes) (por ejemplo, sal o azúcar disueltos en agua, u oro en mercurio); y
- **Mezclas heterogéneas, conocidas como suspensiones**, que son mezclas con una composición definida y circunscrita (por ejemplo, granito, aunque una ensalada es probablemente el ejemplo más típico de este tipo de mezcla).

NOMBRE, APELLIDO Y APODO DE LOS QUÍMICOS: ¿CÓMO NOS REFERIMOS A ELLOS?

Existen diferentes maneras de referirse a una sustancia química. Ésta puede aparecer como **formula química**, o se puede designar con el **nombre común**, que normalmente se refiere a los elementos que integran el compuesto químico (por ejemplo, sulfuro de hidrógeno que contiene elementos de hidrógeno y sulfuro).

12 Nota: Capítulo basado en IPCS – Programa Internacional en Seguridad Química – (International programme on chemical safety) - Users' manual for the IPCS health and safety guides (1996) <http://www.inchem.org/documents/hsg/hsg/hsgguide.htm> (última entrada 14 de abril de 2008)

Se puede denominar también por su **nombre comercial**. Productores y fabricantes utilizan a menudo un nombre "comercial" para los compuestos químicos y mezclas para que resulte más fácil recordarlos, o para ocultar información sobre la sustancia química y su composición.

Existen distintas identificaciones utilizadas a nivel internacional para referirse a las sustancias químicas.

- Los **números de registro CAS** son una forma de identificación, por la cual el Chemical Abstract Service (CAS), una división de la Sociedad Química Americana, asigna un número a cada químico. Cada químico recibe un único número. En junio de 2007, había 31.745.275 sustancias orgánicas e inorgánicas, y 59.039.087 secuencias en el registro CAS.¹³
- El **número RTECS** es otra clasificación, su sigla en inglés se refiere al Registro de Efectos Tóxicos de las Sustancias Químicas. Es una base de datos de información toxicológica sobre los efectos de los químicos en la salud, compilados a partir de la investigación científica existente y disponible. No obstante, no toda la información toxicológica es gratuita o está disponible.
- Otra clasificación o sistema de numeración es el uso de los **números ONU o ID UN** que se utilizan en el marco del transporte internacional. Son cuatro dígitos que identifican a los productos peligrosos, sustancias y artículos peligrosos (tales como explosivos, gases, líquidos inflamables, sustancias tóxicas, etcétera).¹⁴

Existen otras nomenclaturas y sistemas nominales para la clasificación de químicos, como el **IUPAC** bajo el cual se desarrolla el Identificador Internacional de Químicos (InChI), o el **EC-No** y **EC#**, asignado por la Comisión de la Comunidad Europea a las sustancias químicas disponibles comercialmente en la Unión Europea, y otras áreas.

¿QUÉ ASPECTO TIENEN LAS SUSTANCIAS QUÍMICAS?

Formas físicas o "estado"

Las sustancias químicas pueden estar presentes bajo distintas formas, siendo las principales:

- **Sólida:** esta forma es la que presenta menos riesgos de contaminación. No obstante, algunas sustancias en estado sólido pueden envenenar si entran en contacto a través de la piel o la comida;
- **Polvo:** el polvo está hecho de pequeñas partículas de sólido. Se puede estar expuesto al polvo en el lugar de trabajo ante materiales que existen normalmente en forma de polvo (por ejemplo, bolsas de cemento), o debido a procesos que

13 CAS Registro de Base de Datos: <http://www.cas.org/cgi-bin/cas/regreport.pl> (última entrada 19 de diciembre de 2007)

14 Comisión Económica de las Naciones Unidas para Europa - United Nations Economic Commission for Europe (UNECE) http://www.unece.org/trans/danger/publi/unrec/12_e.html (última entrada 14 de abril de 2008)

generan polvo (por ejemplo, manipulación de fibras de vidrio que generan polvo tóxico);

- **Líquido:** muchas sustancias peligrosas como ácidos y disolventes se presentan como líquidos a temperatura ambiente.
- **Vapor:** supone la fase gaseosa de un material que se encuentra como líquido bajo condiciones normales. Cuando hay pequeñas gotitas de líquido en suspensión en el aire se lo llama neblina; y
- **Gases:** algunas sustancias químicas existen en forma de gas a temperatura ambiente. No obstante, algunos químicos en forma líquida o sólida se convierten al estado gaseoso cuando se calientan.

Otras formas físicas son los **humos**.

Las sustancias químicas pueden cambiar de forma o "estado" dependiendo de la temperatura y la presión. Por ejemplo, el agua es un líquido entre los 0-100 grados Celsius (°C). Por encima de los 100°C, se encuentra en estado gaseoso (vaho) y por debajo de los 0°C es hielo, en estado sólido.

Como norma general, cuando la temperatura de un sólido aumenta, se convierte a líquido (se funde). Si, el líquido se calienta más, hierve y se evapora, generando humo y convirtiéndose en vapor o gas. Si la presión medioambiental sobre el gas es incrementada sin cambios en la temperatura, pasa de estado gaseoso a estado líquido.

Las **sustancias** pueden cambiar de una forma física a la otra dependiendo de la temperatura y presión. Resulta muy importante tener en cuenta la posible variación de "estado" y forma de las sustancias químicas debido a condiciones externas, puesto que **algunas formas físicas tienen un mayor efecto negativo que otras**. Por ejemplo, una sustancia que puede no entrañar riesgo ¹⁵ en estado sólido, puede convertirse en peligrosa para un/a trabajador/a en estado líquido o gaseoso.

Procesos físicos

Se refieren a las propiedades que tienen las sustancias químicas y que les permiten cambiar de forma o estado sin implicar un cambio en su composición química. Esto sucede a través de los siguientes procesos:

- **Punto de ebullición**, que es la temperatura a la cual una sustancia pasa de estado líquido a gaseoso
- **Punto de fusión**, que es la temperatura a la que una sustancia pasa de estado sólido a líquido
- **Punto de inflamación**, describe la temperatura a la cual una sustancia libera suficiente vapor para crear una mezcla en el aire que puede encenderse – causando la quema- con una chispa o llama.

¹⁵ Es importante distinguir entre peligro y riesgo. Para una explicación más detallada, ver Unidad 3, "La prevención es el mejor antídoto ante la exposición química: Evaluando peligro, riesgo y seguridad: manejo seguro, qué más

- **Temperatura de auto-inflamación**, es la temperatura más baja a la cual una sustancia se incendia sin necesidad de una chispa o llama. Para contrastar estos dos tipos de propiedades, el punto de inflamación de la gasolina (petróleo) es $< -40^{\circ}\text{C}$ (-45°F), mientras que en el caso del diesel es $> 62^{\circ}\text{C}$ (143°F); para la auto-inflamación es de 246°C (475°F) y 210°C (410°F) respectivamente.

Las propiedades físicas más importantes son:

- **Solubilidad** en agua se refiere a la cantidad (en peso) de la sustancia que puede ser disuelta en un litro de agua para formar una solución (mezcla homogénea). Esta propiedad, es particularmente relevante ante la posible contaminación de aguas y sus impactos en los organismos acuáticos. En otras palabras, compuestos con alta solubilidad presentan un mayor peligro para los organismos acuáticos que los compuestos con menor solubilidad, que se disipan de más rápidamente.
- **Insolubilidad** se refiere a compuestos de baja solubilidad, más que a compuestos no solubles. En un sentido estricto, **hay muy pocos casos en los que nada del material se disuelve**.

Otras propiedades a mencionar son **presión de vapor, densidad relativa de vapor, inflamabilidad, coeficiente de partición entre octanol / agua**, entre otras propiedades.

Peligros físicos

Los peligros físico-químicos encontrados en los lugares de trabajo surgen de sustancias explosivas, **inflamables, extremadamente inflamables, altamente inflamables u oxidantes**.¹⁶

Cuadro 1.1. ¿Qué son las sustancias químicas peligrosas?

Una sustancia química peligrosa es aquella que representa un riesgo para la salud y la seguridad de los trabajadores y el medio ambiente, debido a:

- Sus **propiedades** físico-químicas, químicas y toxicológicas;
- La forma en que se **utilizan** (polvo, aerosol, líquido...); y
- La forma en la que se **encuentran** en el lugar de trabajo. Por ejemplo, usar agua a temperatura ambiente no supone un riesgo, pero cuando ésta se calienta hasta los 100°C , el contacto con el líquido o el vapor puede ser muy peligroso.

Fuente: IPCS Programa Internacional en Seguridad Química – International programme on chemical safety: Users' manual for the IPCS health and safety guides (1996) <http://www.inchem.org/documents/hsg/hsg/hsgguide.htm> (última entrada 14 de abril de 2008)

¹⁶ Los agentes oxidantes fuertes son frecuentemente químicos reactivos que, en contacto con un material combustible como el papel, serrín, explosión. Una amplia variedad de sustancias pueden actuar como agentes oxidantes. El oxígeno, en sí mismo, es un agente oxidante bastante fuerte, pero otros materiales como fluorina, nitratos de metal, permanganato de potasio, peróxido de hidrógeno, hipoclorito de sodio (lejía), o dicromato de sodio son muy efectivos.

Muchas veces, además, estas sustancias presentarán peligros para la salud debido a su toxicidad.

¿POR QUÉ SON TÓXICOS LOS QUÍMICOS? ¿CUÁN TÓXICA PUEDE SER UNA SUSTANCIA?

¿Qué es la toxicología?

Hay una gran cantidad de sustancias tóxicas, algunas son fabricadas por los seres humanos, es decir sintéticas, tales como las medicinas, los pesticidas, y los disolventes utilizados en la industria, y otras sustancias se producen (de manera natural en el medio ambiente/ espontáneamente en la naturaleza).

Estas sustancias tienen el potencial de causar efectos dañinos sobre los seres humanos y el medio ambiente, lo cual definimos como **efectos adversos o tóxicos**. Ejemplos de efectos tóxicos van de dolores de cabeza, náuseas, vómitos e irritación, a cáncer, alteraciones del sistema reproductivo, o muerte.

La naturaleza también es capaz de producir sustancias tóxicas que pueden causar efectos adversos sobre la salud humana y el medio ambiente: algunos gases que se generan de manera natural, o a través de hongos, virus, bacterias, plantas y animales, tales como

Cuadro 1.2. Tipos de vectores tóxicos

Hay tres tipos de vectores tóxicos: químicos, biológicos y físicos.

- Vectores **químicos**: incluyen a sustancias inorgánicas tales como el plomo, el ácido hidrófluórico, el gas clorina; y compuestos orgánicos como el alcohol metílico, la mayoría de los medicamentos y el veneno de los organismos vivos;
- Vectores **biológicos**: incluyen aquellas bacterias y virus que tienen la capacidad de inducir enfermedades en organismos vivos; y
- Vectores **físicos**: incluyen a elementos que raramente son vistos como "tóxicos": golpe directo, conmoción, ruido y vibración, calor y frío, radiación electromagnética no ionizante, tales como iluminación infrarroja e iluminación visible, y radiación ionizantes como los rayos-X.

Este manual se centrará en la toxicidad química.

Fuente: Agencia de la Salud y la Protección: Glosario: Agente Tóxico Health and Protection Agency: Glossary: Toxic Agent, <http://www.hpa.org.uk/webw/HPAweb&Page&HPAwebAutolistName/Page/1153846673536?p=1153846673536> (última entrada 14 de abril de 2008)

- **Toxicología** es la ciencia de los efectos adversos de las sustancias químicas en los organismos vivos. Incluso sustancias que son esenciales para nuestro organismo, tales como el hierro, pueden resultar tóxicas en altas dosis. La falta de hierro, provoca anemia, pero el exceso puede generar anomalías en el hígado.
- **Ecotoxicología** es una parte de la toxicología, y fue definida por Truhaut en 1969, como *“la rama de la toxicología relacionada con el estudio de los efectos tóxicos, causados por contaminantes naturales y sintéticos al ecosistema, a los animales (incluidos humanos), vegetales y microbios, en un contexto integral”*. A través de este manual, el término toxicología se refiere también a ecotoxicológica.¹⁸

Exposición a químicos

Para que una sustancia química ejerza un **efecto**, debe haber antes una **exposición**. Si no hay contacto entre el organismo vivo y el químico, el organismo no puede ser dañado, independientemente del grado de toxicidad del químico.

La **exposición profesional** es una preocupación de alta prioridad para las y los trabajadores puesto que pueden experimentar una exposición significativa a sustancias químicas en sus trabajos diarios. Las y los trabajadores están en la primera línea de la exposición profesional en distintas fases del proceso productivo: almacenamiento, manejo, transporte, uso y eliminación de químicos.

Además, la exposición puede producirse de diferentes y múltiples maneras (por aire, tierra, agua para beber o regar en agricultura, etcétera) a través de ambientes contaminados. La contaminación puede darse cuando se liberan residuos al medio ambiente, por ejemplo en ocasión de accidentes industriales o durante procesos industriales y agrícolas. Por lo tanto, se hace cada vez más evidente que la **salud humana**, la **contaminación medioambiental** y la **exposición a sustancias químicas** están estrechamente interrelacionados.

Aunque algunos químicos son menos dañinos que otros, deberían tomarse en cuenta sus **efectos combinados** para evaluar el nivel de exposición y las potenciales consecuencias en la salud humana y los organismos vivos. La **dosis** o **concentración** es otro aspecto a considerar. Por ejemplo, una sustancia altamente tóxica puede ser extremadamente dañina incluso si se encuentra en pequeñas dosis en el organismo. Contrariamente, una sustancia de baja toxicidad no producirá normalmente ningún efecto tóxico a no ser que se encuentre presente en altas dosis en el organismo.

Hay una progresión en la severidad de los efectos a medida que la dosis incrementa: lo que se llama **relación dosis-efecto**.

17 Centro de Información Internacional de la Seguridad y Salud en el Trabajo - International Occupational Safety and Health Information Centre (CIIS), Chemical Safety Training Modules, What is toxicology?, OIT, <http://www.ilo.org/public/english/protection/safework/cis/products/safetytm/toxic.htm> (última entrada 14 de abril de 2008)

18 Truhaut, R, (1977), “Eco-Toxicología – Objetivos, principios y perspectivas” - “Eco-Toxicology - Objectives, Principles and Perspectives”, Ecotoxicology and Environmental Safety, vol. 1, no. 2, pp. 151-173.



Además de la dosis, la toxicidad también depende de cuanto tiempo dure la exposición, lo que se llama **duración de la exposición**. Una única exposición se define como **exposición aguda**, mientras que una exposición repetida o prolongada en el tiempo se conoce como **exposición crónica**.

Los estudios toxicológicos, pretenden evaluar los efectos adversos relacionados con las diferentes dosis. En este sentido, intentan establecer la relación entre una dosis determinada y sus efectos en una variedad de organismos vivos. El próximo apartado tratará de los principales efectos tóxicos que los químicos tienen sobre la salud humana y el medio ambiente.

Una noción importante aquí es la **ruta de exposición**,¹⁹ que se refiere al camino que sigue un agente químico en el ambiente desde el lugar donde se emite (donde empieza) hasta al punto final (donde termina), y cómo llega a establecer contacto con la población o individuo (cómo se expone). El análisis de la ruta de exposición presenta cinco niveles o elementos:

- Fuentes y mecanismos de emisión de tóxicos (tales como instalaciones abandonadas);
- Medio de retención y transporte (tales como movimiento a través de las aguas subterráneas);
- Punto de contacto o exposición entre el medio contaminado y los individuos (ej. pozo);
- Vía de ingreso al organismo (a través de la alimentación, la bebida, la respiración, o el tacto).

¹⁹ Agencia de Sustancias Tóxicas y Registro de Enfermedades - Toxic Substances and Disease Registry (ATSDR): Definición y rutas de exposición, <http://www.atsdr.cdc.gov/glossary.html#G-D> (última entrada 14 Abril 2008)

¿Cuáles son los efectos tóxicos de las sustancias químicas en la salud humana y el medio ambiente?

Prácticamente todas las personas del planeta tienen sustancias químicas en sus tejidos. La exposición a sustancias químicas ha dado lugar a cánceres y a una cantidad de problemas reproductivos, incluyendo defectos congénitos, desórdenes de desarrollo y otras enfermedades. El número creciente de casos y la exposición constante de las personas a un cóctel de químicos ha generado una preocupación que crece cada vez más, en particular entre trabajadores.

Cuadro 1.4. Clasificación de los efectos tóxicos: definiciones

Efecto agudo – El término agudo significa “un rápido comienzo y una corta duración” y, con referencia a los químicos, normalmente significa una corta exposición con un efecto inmediato (24 horas o menos). Mientras una exposición aguda puede resultar en un efecto agudo, puede también dar lugar a una enfermedad crónica, por ejemplo, la exposición aguda a compuestos de trialkyl-tin o la intoxicación por monóxido de carbono pueden causar daño cerebral permanente.

Efecto crónico -- El término crónico significa “un lento inicio y una larga duración” y normalmente se refiere a una exposición repetida con un larga demora entre la primera exposición y la aparición de los efectos adversos sobre la salud.

Efectos crónicos y agudos – Una sustancia puede presentar ambos efectos, crónico y agudo. Por ejemplo, una exposición simple a altos niveles de disulfido de carbono, puede ocasionar una pérdida de conciencia (efecto agudo), pero una exposición repetida durante años a más bajas concentraciones puede provocar daños en el sistema nervioso central y periférico, además del corazón (efecto crónico). Otro ejemplo, es el percloroetileno, conocido como el “disolvente universal” para limpieza en seco y otros usos, puede dar lugar a efectos agudos como irritación, y crónicos como el cáncer.

Efectos reversibles (temporales) – Un efecto que desaparece si la exposición a las sustancias química cesa. Dermatitis de contacto, dolores de cabeza, náuseas por exposición a disolventes son algunos ejemplos de efectos reversibles.

Efectos irreversibles (permanentes) – Un efecto que genera un daño que perdura en el tiempo, incluso una vez haya cesado la exposición al químico que causa tal efecto. El cáncer causado por exposición a un químico es un ejemplo de efecto irreversible.

Efecto local – El efecto dañino que tiene un químico en el lugar donde entra en contacto con el cuerpo, ej. quemadura en la piel localizada.

Efecto sistémico – Sucede después de que el químico ha sido absorbido y distribuido desde el punto de entrada al cuerpo hacia otras partes del cuerpo. Este efecto, puede ser causado por un gran número de químicos, entre ellos el plomo, berilio, benceno, cadmio y mercurio.

Fuente: IPCS Programa Internacional en Seguridad Química – International programme on chemical safety: Users’ manual for the IPCS health and safety guides (1996) <http://www.inchem.org/documents/hsg/hsg/hsgguide.htm> (última entrada 14 de abril de 2008)

La terminología que se refiere a los efectos tóxicos de los químicos es compleja y merece una atención especial. Los términos "agudo" y "crónico", antes utilizados para referirse a la **duración** de la exposición, pueden describir también el tiempo que transcurre desde la exposición hasta que aparece el **efecto**, que supone también otro dato importante.

A continuación, se presenta una lista de los efectos más tóxicos que las sustancias químicas pueden tener sobre los seres humanos, así como sobre otros organismos vivos:

- Soluciones concentradas como ácidos fuertes (ácido sulfúrico, por ejemplo), o álcali (como la soda cáustica), pueden generar quemaduras en la piel. Un químico que destruye o daña (quema) un tejido vivo al estar en contacto con él, es corrosivo. La salpicadura de un líquido **corrosivo** en los ojos, puede dar lugar a un daño permanente en la vista.
- Cuando una sustancia química produce una molestia local, dolor o inflamación de ojos, nariz o tejido pulmonar, se dice que es **irritante**. Por ejemplo, una sustancia común como el hipoclorito de sodio, conocido también como lejía, tiene un efecto irritante si se aplica sobre la piel.
- Un químico que causa dificultades a la hora de respirar, generando interferencias con la oxigenación de los tejidos del cuerpo, es un **asfixiante**. Hay dos tipos principales de asfixia: **asfixia simple**, por la cual el oxígeno del aire es remplazado por gas a un nivel que hace imposible sostener la vida (falta de oxígeno); y **asfixia química**, cuando una acción directa química interfiere con la habilidad de transportar y usar el oxígeno. Ejemplos de asfixiantes químicos incluyen el monóxido de carbono y el cianuro.

Hay una cantidad de reacciones y efectos causados por la exposición a sustancias químicas que son altamente dañinas e irreversibles. Cuando estos efectos ocurren, el organismo queda tan severamente afectado, que no es posible restaurarlo al estado de salud original previo a la exposición, con lo cual resulta en un cambio permanente en el organismo.

Por ejemplo, el clorpirifos, que es un insecticida que se encuentra actualmente en el mercado, se utiliza para matar insectos atacando su sistema nervioso. Se dice que tiene una ventaja comparativa con respecto a otros productos, puesto que tiene un efecto eficaz sobre una gran cantidad de insectos que se alimentan de plantas. No obstante, se ha demostrado que causa también anomalías en el sistema inmunológico humano, además de otros animales a los cuales no va dirigido el uso del insecticida. Estos químicos, pueden tener un efecto **sensibilizador** e **inmunotológico** que causa reacciones alérgicas. Una persona que reacciona a una sustancia química va a experimentar un agravamiento de la reacción, incluso ante una dosis muy baja, aun cuando la gran mayoría de las personas no van a sufrir ninguna reacción negativa ante la misma dosis. Una exposición posterior a esta sustancia, ya sea a través de la piel o por inhalación, representa un riesgo para la salud de la persona que ya ha sido sensibilizada por ella.

Las sustancias químicas pueden también tener un **efecto cancerígeno**. El cáncer se caracteriza por la manera, fuera de control, en la que las células anormales se multiplican y dispersan por el cuerpo. La característica principal del cáncer es la manera terrible y maligna por la cual estas células "se abalanzan" sobre células sanas interfiriendo en sus funciones normales. Por ejemplo, el benceno, que sigue todavía usándose como un

aditivo de las gasolinas o como un compuesto intermedio para producir otros químicos, ha sido clasificado como cancerígeno por la Agencia Internacional para la Investigación y el Cáncer (en inglés, *International Agency for Research and Cancer (IARC)*). A título informativo, uno de los primeros usos que se le dio al benceno en el siglo XIX y principios del XX fue el de loción para después del afeitado, por su aroma agradable.

Cuadro 1.5. Cáncer profesional: ¡la epidemia olvidada!

Poco se oye sobre el cáncer profesional. Por lo menos uno de cada 10 cánceres –y probablemente muchos más– son el resultado de exposiciones predecibles y prevenibles en el lugar de trabajo.

Hoy en día, más gente está expuesta a los riesgos de cáncer en el lugar de trabajo que en ningún otro momento de la historia. Desgraciadamente, la gran mayoría no son conscientes de ello.

Una estimación cautelosa de la OIT indica que el número de víctimas mortales de cáncer profesional es de alrededor de 600.000 al año –lo que supone un muerte cada 52 segundos.

Fuente: Federación Internacional Metalúrgica (2007), Cáncer Profesional/Cáncer Cero – Una Guía sindical para la prevención, <http://www.hazards.org/cancer/> (última entrada 19 de diciembre de 2007)

Como efectos adicionales de las sustancias químicas se incluyen los efectos **mutagénicos**, que causan un daño permanente al ADN (ácido desoxirribonucleico). El ADN es una molécula con información genética que controla el crecimiento y el funcionamiento de las células. Un daño en el ADN del esperma puede suponer una reducción de la fertilidad, o la producción de abortos espontáneos (abortos blancos), defectos congénitos y enfermedades genéticas. Puesto que muchas mutaciones causan también cáncer, los químicos mutagénicos son normalmente también cancerígenos.

Debido a que algunos químicos pueden afectar negativamente la capacidad reproductiva de hombres y mujeres, y a las generaciones futuras, se pueden definir como **tóxicos para la reproducción**. Afectan a todas las fases del ciclo reproductivo, con lo cual los efectos adversos pueden darse durante la fase de desarrollo del organismo, debido a la exposición antes de la concepción (parental), durante el embarazo, o entre el nacimiento y el tiempo de madurez sexual. El tolueno pertenece a esta categoría. Sin embargo, es un producto ampliamente utilizado, especialmente como un **disolvente común** de pinturas, caucho, tinta de impresión, adhesivos y pegamentos, lacas, curtidores de piel y desinfectantes.

Los **disruptores endocrinos** son químicos que alteran las funciones del sistema hormonal, causando consecuentemente efectos adversos sobre la salud en hombres y mujeres, y sus descendientes. Los posibles efectos sobre la salud incluyen cáncer de próstata y pecho, disminución de la calidad del esperma y modificación de los niveles hormonales. Los/las

hijos/as de mujeres expuestas pueden sufrir pubertad precoz, cáncer vaginal, deformación de los órganos reproductivos, y otros problemas graves.

Existe un consenso científico creciente sobre la interferencia que tienen numerosos químicos industriales y agrícolas sobre el sistema endocrino y las actividades hormonales de todos los animales, incluidos los peces. Uno de los efectos más conocidos es la feminización de peces macho. Algunos ejemplos de sustancias ya conocidas o de las que se sospecha que son disruptores endocrinos son pesticidas como atrazine, 2,4-D, DDE, DDT, diazinon, diuron, endosulfan, fenitrothion, glifosato, lindano, o otros químicos industriales como bisfenol A, dioxinas, nonilfenol, PCBs, y algunos ftalatos.²⁰

Estos efectos pueden aparecer en dosis extremadamente bajas, generalmente por debajo de los límites legalmente establecidos de exposición. Otro ejemplo, es el bisfenol A, que se utiliza para producir botellas y otros productos de plástico. Además de su impacto en las y los trabajadores, se ha demostrado también que causa reasignaciones sexuales en animales como el caimán de morro ancho –un aligátor nativo de América del Sur- y ha causado también malformaciones reproductivas en los embriones de codorniz y gallina. Esta sustancia es tanto tóxica para la reproducción como un disruptor endocrino.

Algunos químicos pueden tener efectos adversos en la estructura y funcionamiento del sistema nervioso central (cerebro y columna vertebral) y del sistema nervioso periférico, causando debilidad muscular, pérdida de sensibilidad y de control motriz, temblores, alteraciones cognitivas y una disfunción del sistema nervioso automático. Estos tipos de químicos se conocen como **neurotóxicos**.

TPB es un acrónimo que se refiere a sustancias que son:

- **"T"óxicas** para mamíferos y organismos acuáticos;
- **"P"ersistentes**, teniendo en cuenta que permanecen en el medio ambiente durante largos períodos, degradándose muy lentamente; y
- **"B"ioacumulativas**, puesto que tienden a acumularse en los tejidos de organismos vivos. Por ejemplo, pesticidas como la aldrina, dieldrina y mirex.

Un cóctel de químicos: exposición múltiple y efectos combinados

Las y los trabajadores rara vez utilizan un solo producto en sus lugares de trabajo. Muchas veces, manipulan y se encuentran rodeados por dos o más químicos, a los cuales se pueden ver expuestos a través del contacto por vía dérmica (a través de la piel), inhalación (a través de las vías respiratorias, incluyendo los pulmones) o ingestión (a través de la boca).

De la misma manera, en su entorno habitual, fuera del ambiente de trabajo, las personas tampoco están expuestas a una sola sustancia. Cuando dos o más químicos están presentes, éstos pueden interactuar el uno con el otro, lo que puede hacer que se altere la toxicidad

²⁰ Fuente: nota resumen sobre Peces y Disruptores Endocrinos, WWF (1998)
<http://www.ngo.grida.no/wwfneap/Publication/briefings/Fish.pdf> (última entrada 19 de diciembre de 2007)

final. El efecto resultante de la interacción puede tomar formas distintas. De manera genérica los cuatro tipos de efectos combinados de los químicos son:

- **Independientes:** cuando los químicos producen sus propios efectos y tienen modos de actuación diferentes, sin interferir los unos con los otros;
- **Aditivo:** cuando el efecto combinado es igual a la suma de los efectos de cada agente de manera individual. Por ejemplo, los pesticidas organofosforados, como el diazinofos, naled y paratión, son normalmente aditivos. A nivel numérico se podría representar con el $1+1=2$;
- **Sinérgico:** cuando el efecto tóxico que resulta de la interacción es superior a la suma de sus efectos individuales. Un ejemplo de riesgo aumentado, son las fibras de amianto combinadas con el humo del cigarrillo: el riesgo de desarrollar cáncer de pulmón después de la exposición a las fibras de amianto es cuarenta veces superior para un fumador que para un no fumador. A nivel numérico se podría representar como $1+1=4$; y
- **Antagónico:** cuando los efectos de una o más sustancias se reducen o neutralizan entre sí, como la reacción de un antídoto al veneno. No obstante, este tipo de interacción es poco frecuente. Por ejemplo, los efectos tóxicos del dimercaprol se ven reducidos cuando interactúa con elementos como el arsénico, el mercurio o el plomo. A nivel numérico se podría representar $3-2=1$.

No hay mucha información disponible que permita predecir los efectos de las posibles interacciones entre las sustancias químicas. Para que sean seguras, o por lo menos más seguras, los cócteles químicos deberían ser evitados o reducidos al menor nivel posible.



Evitar mezclar distintos químicos. La combinación puede dar resultado a efectos peligrosos.

Diferenciando reacciones: grupos hiper-susceptibles

Cada individuo responde de una manera específica a los químicos. La exposición a la misma dosis durante un período parecido de tiempo, dará lugar a respuestas diferentes según la persona. Este principio se aplica también a los otros organismos vivos de la tierra.

En el lugar de trabajo, trabajadores/as expuestos a concentraciones similares del mismo químico, en el mismo lugar de trabajo, no van a presentar necesariamente los mismos síntomas. Puede haber distintas causas y razones para ello, incluyendo:

- Género: por ejemplo las mujeres acumulan una proporción de grasa mayor en el cuerpo, con lo cual pueden ser más susceptibles que los hombres a los efectos dañinos de los disolventes, que se acumulan en los tejidos grasos;
- Edad: los/las niños/as y personas mayores son normalmente más susceptibles a los peligrosos químicos;

- Raza: algunas razas pueden ser genéticamente más vulnerables a ciertas exposiciones químicas;
- El estilo de vida y los hábitos nutricionales: también pueden tener un efecto importante en la acción de algunas sustancias; y/o,
- Variaciones individuales: diferentes individuos con similares características (edad, género, raza) pueden presentar sensibilidades diferentes.

Cuadro 1.6. ¿Qué es el “efecto del trabajador sano”?

Los grupos profesionales presentan normalmente tasas de mortalidad inferiores a las de la población en general, puesto que este último grupo incluye también a la población que no puede trabajar debido a enfermedades o invalidez. En otras palabras, probablemente, cualquier grupo de trabajadores se presentará más sano que la media de la sociedad en general, debido al efecto conocido como “efecto del trabajador sano”.

Fuente: *Encyclopaedia of occupational health and safety, OIT/ILO, 1998.* <http://www.lhc.org.uk/members/pubs/books/chem/chedeaaa.htm> (última entrada 19 de diciembre de 2007)

¿Cómo se determina la toxicidad química?

Hay dos fuentes primarias de información para conocer los efectos sobre la salud de la exposición a químicos. La fuente más utilizada consiste en los estudios de toxicidad en animales de laboratorio. La segunda fuente consiste en los estudios sobre población humana.

En el primer caso, se realizan ensayos sobre animales de laboratorio para medir la toxicidad química de una sustancia a la que la población y el medio ambiente están (o podrían estar) expuestos. Se pueden desarrollar diferentes tipos de estudios, por ejemplo, los ensayos de toxicidad aguda (a corto plazo) aportan dos índices de toxicidad ampliamente utilizados: **LD₅₀ (dosis letal)** y **LC₅₀ (concentración letal)**.

La LD₅₀ (dosis letal) se refiere a la cantidad de sustancia que mata a 50% de los animales de laboratorio cuando se les administra una única dosis. La LD₅₀ se expresa como la masa de sustancia administrada por unidad de masa del individuo, tales como gramos de sustancia por Kg. de masa del cuerpo. La LC₅₀ (concentración letal), usada en experimentos de inhalación, es la concentración en el aire de un químico que mata al 50% de los animales de laboratorio en un tiempo determinado (normalmente cuatro horas).

En general, **cuanto menor sea el valor, más tóxico será el químico**. Lo contrario también es cierto, cuanto mayor sea el valor, menor será la toxicidad. Es también importante notar que el **valor de la LC₅₀ puede ser diferente para un químico determinado dependiendo de la ruta de exposición (dérmica, oral, o respiratoria)**.

Por ejemplo, si el valor LC_{50} para una vía de exposición dérmica indica que un químico es tóxico, entonces al manipular el químico debería protegerse la piel usando ropas, guantes, etcétera, de un material apropiado y resistente a la sustancia. De manera alternativa, si el valor LC_{50} para una ruta de exposición respiratoria indica que el químico no es dañino, entonces el equipo de protección respiratoria puede no ser necesario (siempre y cuando la concentración de oxígeno en el aire sea la normal – en torno de 18%).

Para comparar la **potencia tóxica o intensidad** de los distintos químicos, las y los investigadores deben comparar parámetros comunes. Una manera es llevar adelante **ensayos de letalidad (ensayos LD_{50})** midiendo qué cantidad de químico causa la muerte. Se obtienen índices de toxicidad que aportan una información muy general que permiten comparar la toxicidad letal de diferentes químicos, pero que no aportan datos adecuados sobre carcinogenicidad, teratogenicidad o toxicidad para la reproducción.

En la actualidad, muchos organismos nacionales e internacionales están intentando modificar o reemplazar los ensayos LD_{50} y LC_{50} por métodos más simples, tales como **procedimientos de dosis-fija**, en los cuáles menos animales estarían implicados. Estos procedimientos requieren un número menor de animales, y los analistas pueden evaluar la toxicidad química sin que los animales mueran como resultado del ensayo.



Algunos grupos de la sociedad civil han hecho campaña contra los ensayos LD_{50} en animales, en particular para protestar contra el uso de estas sustancias, que provocan una muerte lenta y dolorosa. Distintos países, como el Reino Unido, han tomado medidas para prohibir la toxicidad oral de los ensayos LD_{50} , y la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico (OCDE) ha eliminado el requisito de ensayos orales desde 2001.

La dosis más baja que causa un efecto tóxico (TD_{LO}), o Dosis Letal Baja (LD_{Lo}), son otras fuentes de información sobre toxicidad. Existen también otros tipos de estudios y ensayos con animales, por ejemplo sobre mutagenicidad, sobre reproducción, etcétera.

Las conclusiones relacionadas con la toxicidad de los químicos no están todas basadas en los ensayos en laboratorios. La evidencia humana es también una fuente de información muy importante, en particular en el caso de los peligros y los efectos en los lugares de trabajo (salud profesional), donde la mayoría de la información proviene de la revisión de casos y situaciones específicas.

Los estudios epidemiológicos son otra fuente importante de información, basados en investigaciones sobre el estado de salud de un determinado grupo de personas para establecer si son afectados por el químico al que están expuestos en el lugar de trabajo o por vía del medio ambiente.

Aunque las **investigaciones epidemiológicas** proporcionan la evidencia más fiable de los efectos adversos de un químico determinado, presentan también desventajas. Estos análisis son muy caros comparados con otros ensayos, por lo que son pocos los químicos para

los que se han hecho investigaciones epidemiológicas. Además, una validación de los resultados requiere un número muy grande de trabajadores expuestos y, por sobre todo, no actúa realmente como una medida preventiva: mucha gente habrá sido expuesta y sufrido enfermedades o muerte antes de que una investigación tenga lugar.

Otro concepto importante es la **dosis umbral** o el **umbral de concentración**, que se refiere a la mínima dosis que produce una respuesta detectable en un grupo determinado de población, por ejemplo trabajadores y trabajadoras. El **nivel sin efecto adverso observado** (en inglés no-observed-effect-level (NOEL)) se refiere a la mayor dosis de un químico que no causa un efecto detectable sobre la salud. El **nivel más bajo con efecto adverso observado** (en inglés lowest-observed-adverse-effect-level (LOEL)) se refiere a la menor dosis de una sustancia que causa un efecto detectable en la salud.

¿Hay un límite de toxicidad tolerable?

El objetivo de intentar establecer un umbral basado en la toxicidad de una sustancia se usa como la base para estimar otros indicadores, como por ejemplo, la **ingesta diaria tolerable (IDT)**, que es la ingesta diaria de un contaminante químico, durante toda la vida de un ser vivo, sin que haya un riesgo de salud apreciable.

No obstante, es imposible examinar todas las situaciones diarias que pueden conducir a efectos tóxicos y, por lo tanto, muchos efectos potenciales puede no ser advertidos. Independientemente de que haya una dosis umbral, por debajo de la cual no haya un efecto tóxico, o una dosis de exposición aceptable, este es un punto que genera controversia debido a la naturaleza de sus indicadores.

Para poder manejarse y beneficiarse de las propiedades de seguridad química de una sustancia, es decir, en un nivel y una dosis que aseguren que la exposición de personas u otros organismos se mantienen por debajo de límites definidos y tolerables, es fundamental saber cuan tóxica y contaminante es la sustancia.

No obstante, la noción de límite "tolerable" no es un estándar fijo. La percepción de lo que es "tolerable" está claramente influenciada por factores económicos, medioambientales, sociales y políticos. En particular, está estrechamente ligada a la probabilidad de que se den una serie de factores –incluidos sufrimientos, daños o enfermedades– y la aceptación social de los riesgos asociados, en comparación con los beneficios esperados que se desprenden del uso directo de un químico o como parte del proceso productivo.

Resulta importante estar familiarizados con los sistemas de clasificación de la toxicología, puesto que son las bases para determinar los **valores límites permisibles para la exposición profesional**. No obstante, estos valores pueden variar de un país a otro.²¹ A la hora de decidir qué constituye una exposición tolerable, parece necesario establecer los principios y directrices para la acción. Por ejemplo, puede resultar prudente y necesario pedir la eliminación, en el lugar de trabajo, de ciertas sustancias que pueden perjudicar la salud humana y medioambiental.

21 BGIA GESTIS Valores límites internacionales para los agentes químicos, (2008), http://www.hvbg.de/e/bia/gestis/limit_values/index.html (última entrada 19 de diciembre de 2007)



La “lista-negra” de sustancias para las cuales la eliminación es una prioridad sindical incluye cancerígenos, mutagénicos, agentes tóxicos para la reproducción, disruptores endocrinos, sensibilizadores, neurotóxicos, y sustancias tóxicas persistentes y bioacumulativas (TPB). Para estos químicos, los sindicatos abogan por la ¡No tolerancia! La exposición debe ser cero.

Cuadro 1.7. El caso de la aldrina

La aldrina fue un pesticida extensamente utilizado en los años cincuenta, para matar a insectos de tierra, tales como termitas y saltamontes, para proteger las cosechas de maíz y patatas, entre otras. Se ha demostrado que es un contaminante orgánico persistente (COP) con efectos cancerígenos y mutagénicos. Ya en los años setenta, fue prohibido y restringido en diversos países y, en 2004, los países que participan en la Convención de Estocolmo de Contaminantes Orgánicos Persistentes estuvieron de acuerdo en eliminar su producción, uso y emisión.

Fuente: IPCS Programa Internacional sobre Seguridad Química – International programme on chemical safety: Guía No. 21, Aldrina y Dieldrina – Guía sobre Salud y Seguridad (1989) <http://www.inchem.org/documents/hsg/hsg/hsg021.htm> (última entrada 17 de diciembre de 2007) y Convención de Estocolmo sobre Contaminantes Orgánicos Persistentes <http://www.pops.int/>

El uso seguro de sustancias químicas en los lugares de trabajo implica:

- **Disponibilidad de la información:**

Es importante que la información toxicológica resultante de los ensayos este disponible, puesto que la toxicidad y los efectos sobre la salud humana y medioambiental de muchas sustancias, que ya están siendo comercializadas, sigue sin conocerse. Es importante recordar que la **ausencia de evidencia de riesgo** no es lo mismo que la **evidencia de ausencia de riesgo**. Tomando la precaución como principio de acción, parece lógico pedir “tolerancia cero” para las sustancias cuyos efectos no son todavía conocidos. Esto se aplica tanto a las sustancias nuevas como a las que ya existen y están en el mercado.

- **Promoción de una cultura de la prevención:**

La comprensión de la información toxicológica es muy importante para la seguridad de las y los trabajadores como usuarios. Es importante estar familiarizado con los sistemas de clasificación de la toxicología, puesto que constituyen las bases para determinar los **valores límites de exposición profesional** y adoptar un enfoque de prevención en el uso de químicos en los lugares de trabajo.

Además de la falta de información toxicológica para muchas sustancias, los resultados toxicológicos a veces tienen interpretaciones diferentes en las distintas normas o marcos legales. Por ejemplo, el formaldehído que se usa como disolvente

y adhesivo está clasificado por la Agencia Internacional de Investigación sobre Cáncer (IARC) en el Grupo 1, que indica que “el agente (mezcla) es un cancerígeno para los humanos”, mientras la Unión Europea considera que esta sustancia forma parte de la Categoría 3 de la clasificación, que “reagrupa sustancias con posible efectos cancerígenos en humanos, pero sobre las que no se dispone de información adecuada para hacer una evaluación satisfactoria.”

La prevención debe ser siempre la estrategia a seguir. En lo que se refiere a decisiones relacionadas con la seguridad química, la toxicidad de una sustancia es menos importante que el riesgo asociado con el uso. Es fundamental adoptar políticas de prevención y control de riesgos en los lugares de trabajo. Como parte de este esfuerzo, la promoción de una cultura de seguridad debería basarse en el principio de que todos los accidentes pueden ser prevenidos y evitados.

En el próximo capítulo, titulado “Uso Seguro de Químicos en los Puestos de Trabajo”, la eliminación es el objetivo principal. Pero, siempre que sea posible, lo que ocurre frecuentemente, deben implementarse medidas de prevención, que deben centrarse en la causas de emisión.

1. Prioridad 1 - **Eliminar riesgos**: asegurar situaciones de menor riesgo, a través de la introducción de cambios en el proceso productivo o la sustitución de las sustancias peligrosas;
2. Prioridad 2 – **Reducir y controlar riesgos** con la adopción de medidas sobre la fuente de exposición, como aislamiento, aspiración, sistemas de ventilación y otras acciones; y
3. Prioridad 3 – **Proteger a las y los trabajadores**, en el caso de los riesgos que no hayan podido eliminarse, o reducirse y controlarse adecuadamente (habiendo seguido las prioridades 1 y 2): se debe proporcionar a el/la trabajador/a un equipo de protección individual.

Es importante señalar que en algunos casos se va a precisar la combinación de las tres medidas preventivas antes mencionadas.

Cuando estas medidas de prevención no pueden ser implementadas, y el riesgo no puede ser eliminado o al menos minimizado a un nivel aceptable, deben realizarse evaluaciones técnicas en forma de ensayos sobre las y los trabajadores y sobre el ambiente de trabajo para poder comparar la exposición real existente con los valores límite umbral (VLU) (en inglés threshold limit values (TLV)).

Cuando se exceden los VLU/TLV, se deben exigir medidas correctivas. Los VLU/TLV son herramientas importantes para la acción concreta. No obstante, la exposición por debajo de los TLV no supone una garantía de seguridad plena, y deben así mismo implementarse las adecuadas medidas preventivas. La estrategia preferencial debería ser en primer lugar, y ante todo, anticipar y prevenir las emisiones, en lugar de un enfoque de actuación posterior a los hechos, basado en el remedio o tratamiento.

- **Llamado para una regulación adecuada de químicos:**

Muchas veces, las decisiones de las autoridades gubernamentales están basadas solo en datos científicos o en los intereses de ciertos grupos económicos. Los grupos de interés social normalmente no participan de ello, a pesar de que algunos de ellos, como las y los trabajadores y los sindicatos, están en primera línea en lo que a exposición se refiere, y deberían, por lo tanto, tener voz en la regulación de químicos.

Dada la severidad de los riesgos asociados con la contaminación química, se necesita crear espacios y canales de participación y comunicación que garanticen la presencia de los/as trabajadores/as y sus sindicatos en los procesos de toma de decisiones. Resulta fundamental que las y los trabajadores y sus sindicatos, además de los grupos de interés social, desarrollen y refuercen la capacidad para influenciar los debates sobre temas críticos relacionados con los químicos, incluyendo en la definición sobre lo que constituye un daño o efecto adverso, y de lo que es social y medioambientalmente aceptable.

En el tercer módulo de este manual se proporciona más información sobre los marcos regulatorios sobre químicos.

Cuadro 1.8. Amianto: el asesino industrial más grande del mundo

Los/las trabajadores/as y sus sindicatos han luchado durante mucho tiempo para aumentar la concienciación y sensibilización sobre los riesgos y efectos que tiene el uso de amianto. Utilizado de manera masiva como una fibra natural mineral en la construcción, para aislar materiales, en moquetas y ropas de protección por su resistencia térmica, eléctrica y química. El amianto ha causado cientos de miles de muertes y enfermedades, mayoritariamente entre los/las trabajadores/as que lo han manipulado.

En junio de 2006, las Federaciones Globales lanzaron una campaña por la "prohibición mundial de amianto" en la Conferencia de la OIT. No obstante, a pesar de la evidencia y de la amplia información disponible con referencia a las muertes por amianto (como mínimo 100,000 personas en el mundo cada año, es decir, una persona cada cinco minutos), y los costes derivados para la sociedad, aún es utilizada en ciertos países.

El reconocimiento de estos efectos hace que las prohibiciones de amianto se extiendan ampliamente, a pesar de la política defensiva de la industria del amianto

Fuente: Basado en la Revista inglesa Peligros Hazards Magazine, Section Asbestos, <http://www.hazards.org/asbestos/>

UNIDAD 2: ¡QUÉ DOLOROSO!, ENCUENTROS MORTALES CON CONTAMINANTES

ESTA UNIDAD ABORDA LAS SIGUIENTES CUESTIONES:

1. ¿Cuáles son los efectos de las sustancias químicas peligrosas sobre la salud humana?
¿Cómo los procesa el cuerpo?
2. ¿Cuáles son los efectos de las sustancias químicas peligrosas sobre el medio ambiente?
¿Cómo los procesa el medio ambiente?

TRABAJADORES/AS Y SUSTANCIAS PELIGROSAS: ¡UNA RELACIÓN TRÁGICA!

Vías de exposición

Las sustancias químicas pueden entrar al cuerpo humano y a otros organismos vivos por distintos de caminos, o **“rutas de exposición”**; dependiendo de la ruta la reacción frente a un químico puede ser diferente. El tipo de ruta de exposición es muy importante para determinar el daño que una sustancia química puede ocasionar.

Las cuatro rutas principales de exposición son:

- Penetración a través de la piel o **absorción dérmica**;
- Penetración a través del conducto respiratorio, en especial pulmones, esto es **inhalación**
- Penetración a través del tubo digestivo o **ingestión**, y
- Penetración a través de los **ojos**.

Las formas más comunes de exposición profesional son la inhalación de gases, vapores o partículas que se encuentran en el aire y que dan lugar a la penetración a través de los pulmones, y el contacto dérmico, en especial por líquidos que pueden ser absorbidos fácilmente por la piel. La ingestión de tóxicos es más común cuando las condiciones higiénicas generales son malas o deficitarias.

- **Inhalación: tracto respiratorio, pulmones**

Los pulmones son una ruta común de exposición. A diferencia de la piel, el tejido pulmonar no supone una barrera protectora muy fuerte ante la exposición química. **En la industria, la inhalación es la ruta de exposición más significativa.**

Las sustancias irritan la membrana mucosa del tracto respiratorio superior y los pasajes respiratorios a los pulmones. Así pues, un caso de irritación puede indicar

la presencia de químicos. No obstante, algunos gases y vapores no conllevan ninguna irritación, pasan desapercibidos, pudiendo penetrar al cuerpo a través de los pulmones, donde pueden causar graves daños e, incluso, llegar a torrente sanguíneo.

La entrada de partículas de polvo al cuerpo por inhalación depende de su tamaño y solubilidad. Cuanto más grande sean las partículas, más difícil será que penetren en el cuerpo.



Debe tenerse una prudencia extrema ante los químicos en forma de vapores, humos, polvo o gas, puesto que pueden entrar fácilmente al cuerpo por vía respiratoria.

- **Absorción dérmica: contacto con la piel**

Las sustancias químicas que penetran por la piel lo hacen prácticamente siempre en forma líquida. Normalmente, el polvo, los gases o los vapores no pasan a través de la piel, a no ser que sean disueltas previamente en la superficie de la piel. Es más probable que las sustancias químicas solubles en grasas (lípidos) penetren más fácilmente que las solubles en agua.

No obstante, químicos en estado sólido o gaseoso pueden también penetrar a través de la piel: por ejemplo, gases altamente tóxicos como el sarín y el paratión, pueden penetrar por vía dérmica sin que se manifieste daño patente en la piel. Si la piel queda dañada por cortes, abrasiones o enfermedades, las sustancias químicas (aun en forma sólida) pueden penetrar más fácil y rápidamente en el cuerpo.

- **Ingestión: tracto digestivo y boca**

La ingestión es otro camino a través del cual las sustancias químicas pueden entrar en el cuerpo. Comer en el lugar trabajo, donde la comida y la bebida pueden estar contaminadas por vapores en el aire, o fumar con las manos contaminadas, debería estar terminantemente prohibido. Además, las sustancias químicas pueden ser ingeridas por inhalación de partículas a través de la garganta, puesto que pueden tragarse y pasar tanto al sistema digestivo, así como a los pulmones.



Debe tenerse cuidado a la hora de comer y beber en el puesto de trabajo. Se pueden estar introduciendo sustancias peligrosas en el sistema digestivo, ya que la sustancia puede estar presente en la comida o los cubiertos.

- **Absorción a través de los ojos**

Cualquier químico, en forma de líquido, de polvo, gas, vapor o niebla puede penetrar a través de los ojos. Es habitual que se produzcan salpicaduras en los ojos o contaminación ocular debido a la exposición a químicos en los lugares de trabajo. Los ojos contienen muchas venas, a través de las cuales los químicos pueden penetrar al torrente sanguíneo después de pasar por tejidos exteriores. El ojo puede ser dañado en el proceso, dependiendo de si el químico es o no corrosivo.

Las diferentes membranas mucosas del cuerpo, en la boca, el tracto gastrointestinal, la nariz, la vagina, etcétera, pueden ser rutas de fácil entrada al cuerpo para los químicos.

¿Cómo procesa el cuerpo los químicos?

Cuando un químico entra al cuerpo humano o a cualquier organismo vivo, atraviesa distintos procesos. Se transporta a distintas partes del cuerpo donde puede ser **metabolizado** (transformado), **acumulado** (almacenado), y/o **excretado** (expulsado).

- **Metabolización** es el proceso por el cual el cuerpo consigue que un químico ajeno sea más fácilmente excretable y/o menos tóxico. Para la mayoría de las sustancias químicas, el hígado es el principal sitio de transformación, pero hay otros órganos, como los riñones, tienen también la capacidad de metabolizar, a veces dando como resultado otra sustancia que también es tóxica.
- **Excreción** es el proceso por el cual los químicos no deseados son eliminados del cuerpo, por ejemplo, expulsándolos a través de la orina. No obstante, estas sustancias pueden causar daños a los órganos internos antes de su excreción.

Normalmente, los químicos que tienen un proceso lento de metabolización o excreción son almacenados en los tejidos del cuerpo. Una exposición sostenida en el tiempo puede incrementar la presencia de químicos en los tejidos. Los químicos que están almacenados de esta manera, son los que se **acumulan**.

Efectos adversos de los químicos en los seres humanos

Los efectos tóxicos de los químicos no son lo mismos en todos los órganos.

“Un **efecto local** se refiere a un efecto adverso para la salud que se produce en el punto de entrada o área de contacto, y puede ser la piel, membranas mucosas, el tracto respiratorio, el sistema gastrointestinal, los ojos, etc.

Un **efecto sistémico**, se refiere a un efecto adverso para la salud que se da en un punto distinto al de entrada o contacto, presupone que la absorción ha tenido lugar. Las sustancias

22 Fuente: Traducción de Chem Safe: Local vs Systemic Health Effects, <http://learn.caim.yale.edu/chemsafe/references/localvs.html>

con efectos sistémicos tienen muchas veces "órganos blanco" (**target organs**) de toxicidad en los que se acumula y ejerce el efecto tóxico"²².

El sistema nervioso central es el órgano blanco de toxicidad u objetivo más frecuente afectado por los efectos sistémicos. El sistema de circulación sanguínea, el hígado, los riñones, los pulmones y la piel siguen en frecuencia. Los músculos y los huesos son órganos blanco de toxicidad para unas cuantas sustancias, causando por ejemplo osteoartritis y osteoporosis.

- **La Piel** es el órgano más grande del cuerpo humano. Proporciona una capa protectora que cubre el cuerpo pero puede fallar en su tarea si la carga y el nivel tóxico son elevados. Existe una cantidad de sustancias que pueden penetrar pieles sanas intactas y pasar a la corriente sanguínea. El fenol es una sustancia que puede provocar la muerte después de la exposición y penetración a través de la piel. Los eccemas de contacto, la irritación y la inflamación representan la mayoría de las enfermedades cutáneas relacionadas con el lugar de trabajo son. Esto puede ser resultado de una reacción tanto alérgica, como no alérgica a las sustancias químicas. Otros ejemplos comunes de sensibilizadores de contacto son los distintos colorantes y tintes, los metales tales como el níquel y sus sales, el cromo y las sales de cobalto, los compuestos órgano - mercurícos, los monómeros de un número de acrilatos y metacrilatos, los aditivos al caucho y los pesticidas. En la práctica, los daños cutáneos debidos a los químicos están influenciados por factores medioambientales como la humedad y el calor;
- **Los pulmones** son la vía de entrada principal de sustancias tóxicas en el lugar de trabajo. Es también el primer órgano afectado por polvo, humos metálicos, vapores, disolventes y gases corrosivos. Las reacciones alérgicas pueden ser causadas por sustancias tales como el polvo de algodón, TDI (tolueno disocianato, usado en la producción de plásticos poliuretanos), y MIC (metilisocianato, usado en la producción de insecticida Carbaryl). La exposición a la sílice (cuarzo) o al polvo de aminato puede causar pneumoconiosis o cáncer de pulmón.²³ Otras sustancias como el formaldehído, dióxido de sulfuro, óxido de nitrógeno y niebla de ácido pueden causar irritación y reducir la capacidad respiratoria;
- **El sistema** nervioso es sensible a los efectos peligrosos de los disolventes orgánicos. Algunos metales pueden afectar el sistema nervioso, especialmente los metales químicos como el plomo, el mercurio, y el magnesio. Los insecticidas organofosforados como el malation o el paration interfieren severamente en la transmisión de información en el sistema nervioso, provocando debilidad muscular, parálisis y, algunas veces, la muerte. Al tratarse del sistema nervioso, prácticamente cualquiera de las funciones que controla puede quedar inhibida por los neurotóxicos: habla, vista, memoria, fuerza muscular y coordinación, por ejemplo;

23 *Less Traffic, More Jobs*, Tim Jenkins, Amigos de la Tierra, Mayo 1997, en "Green Jobs: Towards Decent Work in a Sustainable, Low-Carbon World" ("Empleos verdes: Hacia el trabajo decente en un mundo sostenible y con bajas emisiones de carbono"), informe del PNUMA vinculado a la iniciativa Green Jobs de los PNUMA, OIT, OIE, ITUC-CSI, realizado por *Worldwatch Institute*, con el apoyo técnico de Cornell University Global Labor Institute, Septiembre de 2008.

- **El sistema sanguíneo** es un blanco para los disolventes. Las células sanguíneas se producen mayoritariamente en el tuétano del hueso. Por ejemplo, la contaminación por benceno actúa sobre el tuétano del hueso, y los primeros síntomas son mutaciones de las células sanguíneas llamadas linfocitos. El plomo y sus compuestos son otros ejemplos clásicos de químicos tóxicos para el sistema sanguíneo. La contaminación crónica por plomo puede resultar en reducción de la capacidad de la sangre para distribuir oxígeno a través del cuerpo, una enfermedad conocida con el nombre de anemia;
- **El hígado** cumple distintas funciones muy importantes, es la “planta de purificación” del cuerpo que metaboliza o neutraliza las sustancias no queridas en la sangre. Como el hígado muestra una capacidad de reserva bastante considerable, los síntomas de desorden en el hígado se dan solo en los casos de enfermedades importantes. Disolventes como el tetracloruro de carbono, cloroformo o cloruro de vinilo, además del alcohol, son peligrosos para el hígado;
- **Los riñones** son parte del sistema urinario del cuerpo. Su función principal es la de excretar los productos residuales transportados por la sangre desde los distintos órganos, y asegurar que los fluidos corporales contengan una mezcla adecuada de las distintas sales necesarias. Mantienen igualmente la acidez de la sangre a niveles constantes. Los disolventes pueden irritar y dañar las funciones de los riñones. El tetracloruro de carbono es una sustancia muy peligrosa para los riñones. La turpentina en grandes cantidades también resulta dañina: “el riñón del pintor” es una condición muy conocida de exposición profesional. El plomo y el cadmio son sustancias comunes que perjudican los riñones y,
- **El sistema inmune** es una defensa altamente sofisticada que protege al cuerpo de organismos invasores, células tumorales y agentes externos. Los inmunotóxicos pueden tener tres efectos diferentes sobre el sistema inmune: pueden suprimir el sistema inmunológico; pueden hipersensibilizarlo, lo que provoca alergias; o pueden provocar que el sistema inmune ataque a su propio cuerpo, lo que se conoce como autoinmunidad.

Tal y como se ha indicado en la sección anterior, la exposición a sustancias peligrosas puede también afectar los sistemas reproductivos masculino y femenino, además de tener un **impacto genético (posible transmisión a los descendientes)**.

MEDIO AMBIENTE Y SUSTANCIAS PELIGROSAS: MUCHO MÁS QUE UNA RELACIÓN DIFÍCIL

Los productos químicos han sido un elemento muy importante para el desarrollo de las sociedades modernas, representando inmensos beneficios para la humanidad y una mejora significativa en la calidad de vida de las personas. Pero, al mismo tiempo, no se puede desconocer que la acelerada proliferación de productos químicos sintéticos desde la revolución industrial ha tenido impactos medioambientales muy importantes.

La industria química no es la única fuente de emisión de sustancias químicas al medio ambiente, entre los sectores que más utilizan y emiten sustancias químicas se encuentran la agricultura, el transporte, la minería, la metalurgia, el refinado de combustibles.

Las formas en que las sustancias químicas impactan sobre el medio ambiente son variadas y complejas. De manera general es posible decir que pueden provocar la contaminación de aire, suelo y agua y que, dependiendo de su persistencia en el tiempo, de la forma en que se desplazan, de cómo se acumulan en los organismos, una sustancia química será más o menos peligrosa y tendrá consecuencias más o menos graves sobre el medio ambiente, incluyendo a los seres humanos.

La contaminación del medio ambiente puede ocurrir por la liberación "no controlada" (intencional o no) de una sustancia química en forma de polvo, humo, líquido o gas, como consecuencia de un mal manejo, de deficiencia en las instalaciones, o por "accidente". Sin embargo, muchas veces la contaminación ocurre por desconocimiento de cuáles son los peligros de su liberación. Así, muchas sustancias químicas son emitidas al ambiente de forma legal, pero sin conocimiento de cuáles podrían ser sus efectos sobre el medio ambiente o la salud.

La experiencia ha demostrado que muchas sustancias químicas que en algún momento se promocionaron como inocuas para la salud de las personas o para el medio ambiente, han causado con el tiempo gravísimos daños, no solo para los seres vivos que pueden haber estado en contacto directo con la sustancia (en su proceso de producción o utilización) sino también para los que pueden haber tenido una exposición indirecta.

El agua, el suelo y el aire son elementos esenciales para la supervivencia de los seres vivos, incluidos los seres humanos. Los vínculos entre la contaminación de los elementos naturales y la salud de las personas son directos y bien conocidos. Los ecosistemas y los organismos tienen una determinada capacidad de absorción y recuperación, pero esta capacidad no es ilimitada, la constante y creciente presión sobre los mismos ha ido reduciendo su capacidad de respuesta, enfrentando hoy una crisis ambiental de dimensión planetaria que desafía a la misma capacidad de reproducción de nuestra sociedad.

Si bien existen numerosos recursos de tipo tecnológico, humano, legales y financieros para el control, la protección y la reparación de algunos daños ambientales, la realidad varía mucho en los distintos países y regiones, siendo en general los países más pobres los más expuestos. El contexto económico global y el modelo de producción y consumo asociado, lleva a las industrias más contaminantes y más agresivas para el medio ambiente y para los trabajadores hacia los países en desarrollo, que, por su estructura productiva y las deficiencias de la normativa en materia laboral y ambiental, representan para los grandes intereses económicos internacionales oportunidades comparativamente más convenientes. Lo mismo ocurre con la disposición final de químicos y residuos peligrosos o el desplazamiento de algunas actividades de reciclado muy contaminantes.

Las y los trabajadores y sus organizaciones sindicales han desarrollado a lo largo de los años importantes conocimientos y capacidades para actuar en el área de riesgo químico y buscar soluciones que permitan resolver la problemática concreta ligada a la exposición en el lugar de trabajo. Es necesario, además, profundizar y fortalecer su capacidad para incorporar nuevas miradas que superen el límite del espacio de trabajo e incorporen la complejidad de la problemática con todas sus dimensiones.

La implicación de las y los trabajadores y sus organizaciones sindicales en los aspectos medioambientales de la gestión de los químicos es fundamental, sobretodo porque abre el

debate sobre qué modelo y qué formas de producción y consumo queremos. Sin embargo, es un enorme desafío para el sector, enmarcado en la lucha cotidiana por la defensa de los derechos laborales, sociales y humanos permanentemente amenazados; un desafío que debe ser asumido con decisión, puesto que de ello depende la continuidad misma de la vida sobre la Tierra.

Origen de la contaminación química del medio ambiente

Las sustancias químicas son liberadas como resultado de cualquier actividad económica. Su liberación no es responsabilidad únicamente de la industria química, sino también de muchos otros sectores como la agricultura, la industria automovilística, la construcción, la producción de energía, la extracción de recursos fósiles y minerales, la metalurgia, la industria farmacéutica, la textil y el transporte, entre otras.

Casi todas las actividades industriales generan sustancias contaminantes, por ejemplo, la minería (drenajes de mina y de aguas lixiviadas), la eliminación de desechos (lixiviado de basureros, eliminación de basura en tierra y mar), la acuicultura y maricultura (microbios, eutrofización y antibióticos) y la producción y uso de hidrocarburos (petróleo).

Un sector también muy contaminante es la agricultura, con el paquete de pesticidas, herbicidas y fertilizantes que se utilizan masivamente desde la revolución verde,²⁴ y que provocó a lo largo de los años el empobrecimiento de los ecosistemas, y la acumulación de sustancias químicas en suelo, tierra, atmósfera y organismos vivos.

En cuanto a las fuentes de emisión, éstas pueden ser **fuentes puntuales**, fácilmente identificables, tales como depósitos de desechos peligrosos, instalaciones para generación de energía, plantas de incineración e instalaciones industriales; o pueden ser **fuentes difusas**, como el transporte, la agricultura, lodos de aguas residuales, residuos de consumo, productos farmacéuticos, etcétera.

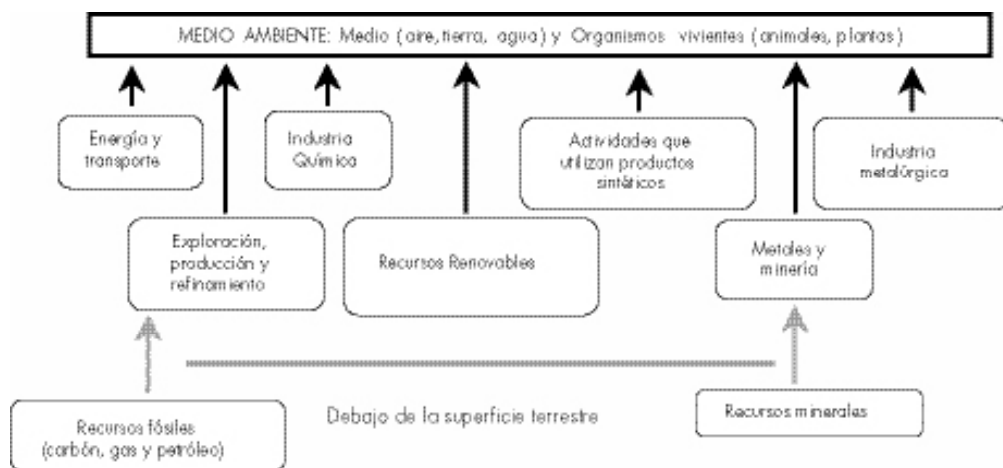
La liberación de estas sustancias puede ocurrir en forma de líquidos, sólidos, polvo, humos o gases, y pueden ser conocidas y planificadas (como parte del proceso productivo), o no planificadas (debidas a accidentes industriales o fugas y escapes).

La liberación planificada al medio ambiente puede producirse en forma de:

- **Residuos:** los sobrantes de productos peligrosos, sus contenedores o envases y cualquier material contaminado por éstos durante el proceso productivo (ropa, guantes, aserrín, etcétera), que pueden ser depositados en vertederos, tratados en plantas especiales o quemados en incineradoras. Los residuos pueden producirse en forma de:
 - **Emisiones** liberados al medio ambiente a través de chimeneas, sistemas de extracción, ventilación y ventanas; y
 - **Vertidos** a través de alcantarillados y tuberías;

24 OIT, Revista Trabajo N° 60, Agosto 2007, Empleos verdes: cambio climático en el mundo del trabajo. Peter Poschen, Especialista de Políticas de la OIT y punto focal para cambio climático

Cuadro 1.9. Origen de la contaminación química



Fuente: Ramón Mestres (2006) *Hacia una química sostenible*. Universidad de Valencia

- **Bienes producidos:** Durante su uso, los bienes producidos o manufacturados pueden liberar químicos al medio ambiente. De la misma manera, muchas sustancias químicas se liberan al medio ambiente como productos finales al ser utilizados por las y los consumidores. Esto ocurre con una amplia gama de productos tales como pinturas, plásticos, cosméticos, aplicaciones eléctricas, además de, por ejemplo, los humos de los motores.

Están también las **emisiones no intencionales**, producto de fallas técnicas o accidentes. Existen numerosos ejemplos de derrames o emisiones no intencionales con gravísimas consecuencias para el medio ambiente. Solo tomando en cuenta los peores 10 accidentes de los últimos 40 años, el número de personas muertas o heridas suma cerca de 3.000.000.²⁵ Un ejemplo emblemático de contaminación por emisiones accidentales a la atmósfera es el desastre de Bhopal, que se describe en el cuadro 1.12.

Muchas sustancias que fueron liberadas a la atmósfera, o vertidas a la tierra o el agua de manera normal durante años han resultado ser sustancias altamente tóxicas, presentando efectos gravísimos mucho tiempo después o en lugares muy distantes al lugar de la emisión. Ejemplo de esto son algunos agroquímicos, como el DDT,²⁶ utilizados masivamente en las décadas del 60 y 70 y que fueron prohibidos en muchos países al descubrirse, años

26 El DDT (diclorodifeniltricloroetano) es un insecticida organoclorado sintético de amplio espectro, acción prolongada y estable, aplicado en el control de plagas para todo tipo de cultivos desde la década del cuarenta. Integra la lista de Contaminantes Orgánicos Persistentes (COP) (Véase Módulo 3, Unidad 1, Convención de Estocolmo sobre COP).

25 Le Monde Diplomatique, Atlas del Medio Ambiente. 2008. Si se considerase las estimaciones de víctimas del accidente nuclear de Chernobyl esta cifra treparía a 10 millones de personas. Nota: Las sustancias nucleares / radioactivas no están cubiertas por los convenios y regulaciones sobre sustancias químicas o sobre desechos peligrosos, sino por regulaciones específicas.

después, que pueden producir serios daños no solo para la salud de los trabajadores rurales, sino también para las poblaciones y los seres vivos que están expuestos por contacto con agua o suelo contaminado. Aunque existen pruebas suficientes sobre su peligrosidad, y algunos organismos internacionales, como la OMS, recomiendan su eliminación, el DDT sigue siendo utilizado como insecticida en algunos países.

En este sentido, es oportuno señalar la importancia del **Principio de Precaución**²⁷ (definido más extensamente en la unidad 3) cuando se trata de la gestión de sustancias químicas.

Efectos adversos en el medio ambiente

Un ecosistema es un complejo de interrelaciones entre distintos factores bióticos (seres vivos) y abióticos (elementos físicos y químicos) que están en permanente búsqueda de equilibrio. Todos los seres vivos que habitan el planeta ejercen de una forma u otra una presión sobre el medio ambiente y, en este complejo sistema de relaciones y retroalimentaciones mutuas, los seres humanos son los únicos capaces de intervenir con intencionalidad sobre la naturaleza. Toda actividad humana genera inevitablemente un efecto sobre el medio ambiente, los seres humanos tienen la posibilidad y la responsabilidad de orientar adecuadamente sus actividades de manera de dañar lo menos posible este equilibrio.

A lo largo del desarrollo de la humanidad ha ido aumentando la presión sobre los ecosistemas por el crecimiento y la expansión de las poblaciones (mayor necesidad de recursos naturales para atender las necesidades de la población creciente). Junto con las nuevas formas de producción, en particular a partir de la Revolución Industrial, la producción y utilización de sustancias químicas aparece como un nuevo elemento de presión sobre el medio ambiente, generando graves problemas de contaminación.

¿Cómo se produce la contaminación química?:

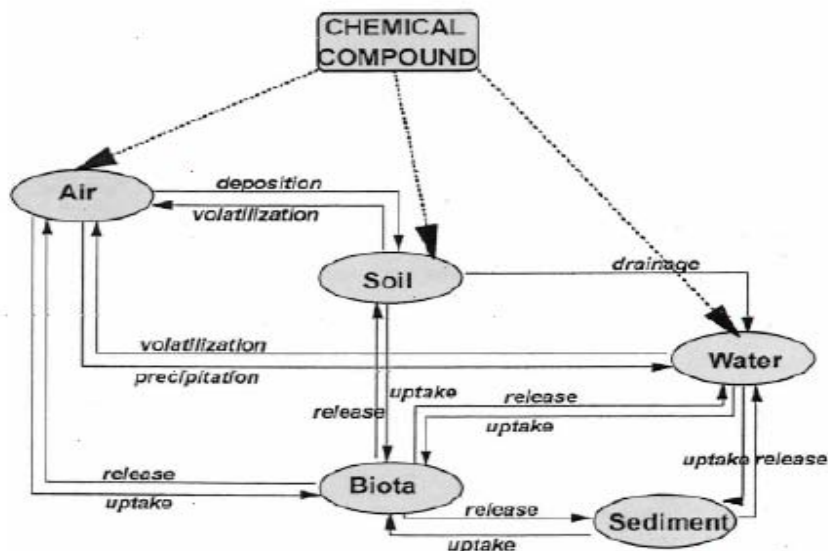
La interacción de los químicos con el medio natural al ser liberados por cualquiera de los mecanismos mencionados en el apartado anterior, generará efectos y reacciones de mayor o menor dimensión, dependiendo de las características de la sustancia liberada y de la capacidad de soporte del ecosistema.

Al ser liberadas, las sustancias químicas contaminan²⁸ el aire, la tierra y el agua, afectando a todos los componentes de los sistemas naturales, incluyendo a los seres humanos. Muchas sustancias químicas liberadas hoy persistirán en el medio ambiente, a veces durante varios años, y se movilizarán continuamente entre el aire, el agua, los sedimentos, la tierra y el conjunto de los seres vivos, o biota. Podría representarse de la siguiente forma:

27 Principio N° 15 de la Declaración Río (1992): "Con el fin de proteger el medio ambiente, los Estados deberán aplicar ampliamente el criterio de precaución conforme a sus capacidades. Cuando haya peligro de daño grave o irreversible, la falta de certeza científica absoluta no deberá utilizarse como razón para postergar la adopción de medidas eficaces en función de los costos para impedir la degradación del medio ambiente. (<http://www.un.org/esa/sustdev/documents/agenda21/spanish/riodeclaration.htm>)

28 Contaminación es la presencia de propiedades minerales, químicas o físicas en niveles que superan los valores considerados a la hora de definir entre una calidad "buena y aceptable" y "pobre o inaceptable", que es función de un contaminante determinado. (GEO4. PNUMA, 2007)

Cuadro 1.10. Circuito



Fuente: División de Químicos del PNUMA (<http://www.chem.unep.ch/Pts/regreports/Translated%20reports/Eastern%20and%20Western%20South%20America%20sp.pdf>)

Peligrosidad, dispersión y persistencia:

Si bien toda sustancia química liberada al medio ambiente produce contaminación, no todas tienen el mismo grado de peligrosidad para el medio ambiente. Son varios los elementos que definen la peligrosidad de una sustancia, entre ellos:

- **La estabilidad:** es la tendencia que tiene una sustancia o compuesto a resistir el cambio químico (degradarse, transformarse o combinarse con otras sustancias).
- **La permanencia en el tiempo:** la tendencia a permanecer en el medio ambiente por mucho tiempo sin perder peligrosidad, siendo continuamente movilizados, depositados y nuevamente movilizados, por lo que sus efectos pueden manifestarse mucho tiempo después de haber sido liberados. Este es el caso del mercurio liberado a la atmósfera por quema de combustibles fósiles, o de los Contaminantes Orgánicos Persistentes (COP).
- **La capacidad de bioacumularse:** es la capacidad de acumularse en los tejidos de los seres vivos, integrándose en la cadena alimentaria. Pueden llegar a concentraciones muy elevadas en los niveles más altos de la cadena.
- **La posibilidad de transporte:** Algunos contaminantes pueden recorrer largas distancias, afectando a ecosistemas que se encuentran muy lejanos de las fuentes de emisión. Por ejemplo, han sido detectadas grandes concentraciones de Contaminantes Orgánicos Persistentes (COP) y metales pesados en el Ártico, tanto en especies animales y vegetales como en seres humanos. Estos contaminantes

no han sido producidos ni utilizados en esta región, sino que llegan desde todas partes del mundo transportados por corrientes de agua y viento.²⁹

La contaminación atmosférica:

Las sustancias químicas emitidas a la atmósfera llegan al agua y al suelo por precipitación. Pueden también ser inhaladas por algunos animales, o ser incorporadas a la cadena alimentaria por la ingestión de vegetales contaminados. Por ejemplo, fue detectado recientemente en Francia un alto nivel de dioxinas³⁰ en animales de granja y personas, muy posiblemente proveniente de emisiones atmosféricas de plantas incineradoras que han dejado de funcionar hace más de 10 años. Las sustancias químicas emitidas se depositaron en el suelo y especies vegetales que sirvieron de alimento a animales de granja que fueron consumidos por la población local.³¹

Con referencia a efectos sobre la salud humana, los datos de la Organización Mundial de la Salud son reveladores, se estima que cada año mueren en el mundo 4.600.000 personas debido a causas directamente relacionadas con la contaminación del aire.³²

Además de dañar directamente a los ecosistemas y a la salud humana, las sustancias químicas participan en tres fenómenos mundiales de extrema gravedad relacionados con la contaminación atmosférica, los que serán descritos en el apartado siguiente: la lluvia ácida, el adelgazamiento de la capa de ozono, y el cambio climático.

La contaminación de la tierra:

Los contaminantes llegan a la tierra por deposición atmosférica o por el vertido directo desde las fuentes (industria, transporte, agricultura, etcétera). Los contaminantes que se encuentran en el suelo pueden a su vez pasar al aire (por volatilización), al agua (por drenaje), o ser absorbidos por los organismos vivos, afectando no solo a los ecosistemas terrestres sino también a los acuáticos (ríos, lagos, mares).

En los viejos centros industriales, en especial en Estados Unidos, Europa y la ex Unión Soviética, suele haber un legado de terrenos industriales y urbanos contaminados como consecuencia de las actividades desarrolladas en el pasado. En Europa hay una gran cantidad de terrenos en estas condiciones, contaminados con sustancias como metales pesados, cianuro, aceite mineral e hidrocarburos clorados³³

29 GEO 4, 2007

30 Las dioxinas son compuestos químicos obtenidos a partir de procesos de combustión que implican al cloro. Son estables químicamente, poco biodegradables y muy solubles en las grasas, tendiendo a acumularse en suelos, sedimentos y tejidos orgánicos, pudiendo penetrar en la cadena alimentaria. Se encuentran en la lista de los Contaminantes Orgánicos Persistentes, COP. (Véase Módulo 3, Unidad 1, Convención de Estocolmo sobre COP).

31 (Libération, 3 de junio de 2008)

32 Nota: Estado Miembro de la OMS (2002), Estimated deaths & DALYs attributable to selected environmental risk factors. http://www.who.int/entity/quantifying_ehimpacts/countryprofilesebd.xls (última entrada 19 Diciembre 2007)

Recientemente, en Argentina, los directivos de la empresa minera de oro y cobre "La Alumbraera" han sido procesados por la justicia. La acusación es por filtraciones de más de 10 años en su dique de colas y en el mineraloducto que contaminaron el suelo y las aguas subterráneas, contaminación que estaría afectando a una extensa área. Algunos pobladores de la zona cercana a la mina denuncian la muerte de plantas y animales, además de la inutilización de sus pozos de agua para consumo y riego.³⁴

La contaminación del agua:

Los recursos hídricos (ríos, aguas subterráneas, lagos, mares) reciben la contaminación por vertido directo desde las fuentes emisoras, por drenaje de los suelos, por precipitaciones atmosféricas, y por liberación de los sedimentos y biota (excreciones o descomposición).

Las fuentes difusas son las más difíciles de identificar y cuantificar. De ellas, las aguas residuales agrícolas, que contienen fertilizantes y agroquímicos, son la principal fuente de sustancias contaminantes del agua en muchos países.³⁵ También son un importante factor de contaminación los vertidos domésticos e industriales cuando se vierten en vías fluviales, aguas residuales que no han sido tratadas adecuadamente.

La vida acuática ha demostrado ser particularmente vulnerable a la contaminación química, siendo el medio en que se producen la mayoría de los primeros efectos. Además de la posibilidad de traslado hacia el aire, los sedimentos y la biota, alterando la totalidad de los ecosistemas, impacta directamente en la vida de las personas por la inutilización de fuentes de agua para consumo humano, para riego u otras actividades productivas.

Cuadro 1.11. Un historia trágica: el caso del incendio del consorcio suizo Sandoz

Un ejemplo de contaminación de un recurso hídrico provocado por vertido accidental de sustancias químicas, fue el incendio del consorcio suizo Sandoz, en Basilea, el 1° de noviembre de 1986, que provocó que cerca de 20 toneladas de insecticidas, fungicidas y herbicidas alcanzaran las aguas del Rin. El fluido venenoso llegó hasta 500 kilómetros río abajo y contaminaron sus aguas hasta Holanda matando cientos de toneladas de peces y de otras especies acuáticas. A más de 20 años de la tragedia aún hay presencia de metales pesados como zinc, cobre y cadmio, así como algunos pesticidas y nitrógeno.

Fuente: *Swissinfo.ch*. 1o de Noviembre de 2006. http://www.swissinfo.org/spa/portada/El_Rin_se_ha_recuperado_del_desastre_de_Schweizerhalle.html?siteSect=105&sid=7212624&cKey=1162321185000&ty=st

34 La Capital, 1 de junio de 2008. http://www.lacapital.com.ar/contenidos/2008/06/01/noticia_5623.html

35 EPA - Agencia para la Protección del Medio Ambiente de EE.UU., 2006

Una amenaza para la biodiversidad:

Es importante señalar el impacto que la contaminación tiene sobre la biodiversidad, es decir, la variedad de la vida existente en la Tierra.³⁶ La importancia de la biodiversidad es ampliamente reconocida en cuanto proveedora de fibras y alimentos. Por ejemplo, la reciente Declaración de la Conferencia de Alto Nivel de la FAO sobre seguridad alimentaria se refiere específicamente a la necesidad de preservar la biodiversidad como forma de hacer frente a la actual crisis alimentaria mundial.³⁷

Además de su importancia para la provisión de alimentos, su preservación es fundamental para garantizar la capacidad de reproducción de los ecosistemas y la vida, puesto que de ella depende el funcionamiento de complejos mecanismos como la degradación de desechos (microbios), polinización de cosechas (insectos), regulación del clima (bosques), protección de costas (arrecifes de coral), reproducción de especies marinas (manglares), entre muchos otros.

La alteración de las características físicas y químicas del agua, el aire y la tierra afectará directamente a los seres vivos. Diferentes especies van a reaccionar ante el mismo químico de manera y a niveles distintos, algo que puede resultar altamente tóxico para la vida acuática puede no serlo para, por ejemplo, las aves. De la misma manera, algunas sustancias generan un mayor impacto sobre los demás organismos vivos que sobre los humanos. Algunas especies sufrirán malformaciones, muchas verán afectada su capacidad de reproducción, y otras simplemente desaparecerán.

Todas las evidencias disponibles señalan que en la actualidad está en marcha un fenómeno de extinción importante que, a diferencia de los fenómenos de extinción previos, se debe básicamente a las actividades humanas.³⁸ De éstas, la agricultura es el mayor desencadenante de erosión genética, pérdida de especies y conversión de hábitats naturales. De mantenerse las tendencias actuales, la creciente necesidad de producción de alimentos intensificará el uso de agroquímicos, agravando el impacto sobre la biodiversidad.³⁹

Otro aspecto importante a tener en cuenta es la exposición de **animales** y **plantas** a través de sus funciones en la cadena alimentaria. Cada etapa sucesiva en la cadena va asociada a un nivel mayor de concentración de contaminantes, como por ejemplo, en el caso de los metales pesados (como el mercurio) o los contaminantes orgánicos persistentes (como el DDT o la aldrina), pues estos se van acumulando en los tejidos de los organismos vivos. Este mecanismo se conoce por el nombre de **biomagnificación o bioacumulación**. Por ejemplo, una sustancia determinada que se encuentre en el plancton, se va a presentar en una concentración mayor en los peces pequeños, la concentración irá aumentando en

36 Biodiversidad o Diversidad Biológica: la variedad de la vida en la Tierra, incluyendo la diversidad a nivel genético, entre especies y entre ecosistemas y hábitats. Incluye la diversidad en la abundancia, la distribución y el comportamiento. La biodiversidad también incorpora la diversidad cultural humana, que se puede ver afectadas por los mismos mecanismos que la biodiversidad. (GEO4, 2007)

37 Declaración de la Conferencia de Alto Nivel de la FAO sobre Seguridad Alimentaria (mayo, 2008)

38 En la actualidad, han sido identificadas más de 16.000 especies amenazadas de extinción. (UICN 2006)

39 GEO4, 2007

los peces más grandes que se alimentan de los pequeños, y será aún superior en los osos y las focas, que se encuentran en los eslabones superiores de la cadena alimentaria.

Cuadro 1.12. Una historia trágica: 1984, el desastre de Bhopal

La noche del 2 de diciembre de 1984 se produjo una fuga de unas 35 toneladas de gases tóxicos en una planta de pesticidas en Bhopal, cuyo dueño era la multinacional estadounidense Union Carbide Corporation (UCC).

En los dos o tres días posteriores a la fuga murieron 7.000 personas, y muchas otras resultaron heridas. En los últimos 21 años murieron, por lo menos, 15.000 personas debido a enfermedades relacionadas con las emisiones de gas. Actualmente más de 100.000 personas continúan sufriendo de enfermedades crónicas, y los tratamientos resultan ineficaces.

Fuente: Amnistía Internacional de los Estados Unidos: DOW Chemical Company (DOW), Union Carbide Corporation and the Bhopal Communities in India <http://www.amnestyusa.org/Business-and-Human-Rights/Dow-Chemical/page.do?id=1101668&n1=3&n2=26&n3=1241> (última entrada 14 de abril de 2008)

Cuadro 1.13. África: Un historia trágica actual

En África se almacenan más de 50.000 toneladas de pesticidas obsoletos, contaminando decenas de miles de toneladas de suelo y produciendo anualmente más de 11 millones de casos de envenenamiento, a pesar de lo cual, muy pocos países africanos cuentan con centros especializados para su gestión y manejo. Actualmente, el nuevo Programa de Existencias de Pesticidas Obsoletos en África (en inglés *Africa Stockpiles Programme* (www.africastockpiles.org)), en el que participan grupos de interés social, está actuando sobre este tema para limpiar y eliminar los pesticidas obsoletos, además de ayudar a evitar reacumulaciones.

Además, la extensión de la agricultura y el mercado corporativo han contribuido a incrementar el uso de químicos agrícolas. En muchos lugares, las pequeñas granjas han abandonado prácticas tradicionales y más respetuosas con el medio ambiente bajo la presión de no quedar excluidas del mercado, y para mejorar e incrementar el rendimiento de las cosechas y campos cultivados.

A pesar de la falta de datos comparables, la tendencia de los últimos cinco años indica un aumento en la concentración de nitratos y fosfatos en la desembocadura de los ríos.

Fuente: Monosson, Emily. PNUMA (2007) "Chemicals use in Africa: opportunities and risks", Enciclopedia de la Tierra (Encyclopaedia of Earth) http://www.eoearth.org/article/Chemical_use_in_Africa:_opportunities_and_risks (última entrada 19 de diciembre de 2007)

Impactos globales medioambientales de los químicos

Como se vio, los químicos producen efectos a escala local, regional y mundial sobre los recursos hídricos, los suelos, el aire y la biodiversidad. En este apartado se pondrá especial énfasis en la vinculación de la emisión de sustancias químicas con tres fenómenos atmosféricos de alcance mundial: la lluvia ácida, la reducción de la capa de ozono y el cambio climático.

Estos mecanismos y situaciones de contaminación están entre los que causan los mayores impactos. Están a su vez interrelacionados y desencadenan también otros mecanismos con serias consecuencias medioambientales.

La lluvia ácida

En las áreas industriales hay emisiones de sulfuros y los óxidos de nitrógeno a la atmósfera, donde sufren transformaciones químicas, y son absorbidas por las gotas de lluvia de las nubes. Las gotas caen luego a la tierra en forma de lluvia, nieve, polvo seco, granizo o aguanieve, lejos incluso de las regiones o los países donde se emitieron. Este fenómeno, conocido como **lluvia ácida**, aumenta la acidez del suelo y afecta el balance químico de los lagos, ríos y corrientes marinas, con un impacto significativo para los ecosistemas.

En 1987, hubo un fuerte impacto de la lluvia ácida en Europa y Norteamérica, causando la acidificación de los lagos y la disminución de las áreas forestales, principalmente debido a la acidificación de la tierra. Más recientemente se han documentado tendencias similares en México y China. Actualmente existe un mayor control de las emisiones de azufre y nitrógeno en muchos países desarrollados, pero persiste el riesgo en otras regiones del mundo, especialmente en Asia.⁴⁰

El agujero en la capa de ozono

La atmósfera terrestre tiene distintas capas. Una de ellas es la capa de ozono, que contiene altas concentraciones de ozono (O₃), una molécula que se produce y destruye de manera continuada como parte de un proceso natural. La capa de ozono juega un papel muy importante en la absorción de la parte biológicamente dañina de los rayos solares ultravioletas, provocando una cantidad de efectos adversos para los seres vivos, incluyendo un mayor riesgo de cáncer de piel. Las emisiones de clorofluorocarbonos (CFCs), que fueron ampliamente utilizados como refrigerantes, en aerosoles, plásticos de calefactores y productos de limpieza para circuitos electrónicos, han producido una gran reducción de la capa de ozono, conocido como **agotamiento de la capa de ozono**.

Aunque la reducción de la capa de ozono tiene alcance mundial (la región de los trópicos es la única que no sufrió adelgazamiento), las áreas más vulnerables son los polos, en especial la Antártida, siendo las regiones habitadas más afectadas el sur de Chile, Argentina, Nueva Zelanda y Australia.

El área del agujero de ozono en la Antártida (área de reducción casi total del ozono) varía año a año, y no se puede decir si ya ha alcanzado su máximo. Los últimos años

⁴⁰ GEO4, 2007

han mostrado un incremento de su tamaño, en especial en los años 2000, 2003 y 2006, aunque a un ritmo inferior al experimentado en la década del 80. Los modelos químicos del clima predicen que la recuperación a los niveles de ozono en la Antártida anteriores a 1980 podría conseguirse aproximadamente en los años 2060–2075.⁴¹

La toma de conciencia sobre este problema llevó a la firma/ratificación del Protocolo de Montreal en 1987; las medidas adoptadas bajo este acuerdo han supuesto mejoras y hoy las emisiones de mayoría de los gases responsables de este fenómeno se han reducido drásticamente o han sido eliminadas. Para algunos analistas, entre los factores de éxito del Protocolo se encuentran el principio de responsabilidad común pero diferenciada, y el mecanismo financiero del protocolo.

El cambio climático:

El cambio climático es considerado por algunos analistas como el mayor desafío de la historia de la humanidad. Este fenómeno, también llamado calentamiento global en los medios de comunicación, recibe mucha atención y cobertura en las noticias, puesto que es uno de los mayores desafíos a los que debe hacer frente la humanidad en este siglo, con impactos que resultarán críticos: aumento del nivel del mar, agravamiento de la desertificación, derretimiento de glaciares, entre otros efectos. En principio, el cambio climático es un fenómeno cíclico natural, sin embargo, este fenómeno ha sido incrementado seriamente por las actividades humanas, más específicamente por las actividades asociadas a las emisiones de **gases de efecto invernadero (GEI**, sus siglas en inglés son GHG, por *greenhouse gases*). El actual modelo de producción y consumo, basado en el uso de combustibles fósiles para el transporte y la generación de energía (vital tanto para la economía como para los hogares) es lo que más contribuye con las emisiones de gases de efecto invernadero. Otros factores son el cambio de uso de la tierra y la deforestación. El agujero de la capa de ozono, comentado anteriormente, también contribuye al cambio climático.

Tal y como muestra el breve resumen expuesto, el medio ambiente es el recipiente final de una gran cantidad de sustancias peligrosas. La discusión de la gestión sostenible de los químicos, desde su producción hasta la disposición final, es mucho más que una cuestión de salud profesional, representa una lucha por el futuro del planeta, la calidad de vida para la humanidad y la supervivencia de todas las especies.

¿Cómo procesa el medio ambiente los químicos?

Hay posiciones distintas con referencia a la capacidad que tienen los ecosistemas de hacer frente y reaccionar ante las sustancias químicas peligrosas. Con lo cual, la pregunta es, ¿cómo procesa el medio ambiente los químicos? Aunque de manera simplificada, puesto que la respuesta depende un número complejo de factores, existen tres mecanismos que pueden permitir responder esta pregunta.

41 OMM y PNUMA. Executive Summary- Scientific Assessment of Ozone Depletion: 2006. Ginebra/Nairobi. 2006.

- El medio ambiente tiene la capacidad de **biodegradar** las sustancias tóxicas (a veces, generando nuevas sustancias que siguen siendo tóxicas), proceso por el cual las “rompe” y descompone. No obstante, muchas sustancias presentan resistencia al proceso de descomposición.
- Algunos ecosistemas específicos se pueden **adaptar** o **deteriorar**, lo cual puede resultar en pérdidas de diversidad a lo largo de varios cambios, incluyendo pérdidas de variedad y complejidad del ecosistema.
- La **extinción** de una especie o grupo de especies puede considerarse el último nivel y el más catastrófico del deterioro, ya que implica una reducción de la biodiversidad. Una especie se declara “extinguida” cuando muere el último ser que pertenece a ésta. Sin embargo, la capacidad de procreación y recuperación puede haberse perdido mucho antes de llegar a este punto.

Ante determinado nivel de contaminación o de agresión un ecosistema irá perdiendo su capacidad de asimilación, adaptación y reproducción, y comenzarán a verse afectados, a veces de manera irreversible, algunos de sus componentes o las relaciones entre ellos. Actualmente, la constante presión sobre los ecosistemas y el nivel de degradación en que se encuentran muchos de ellos hacen que éstos estén en una situación de extrema vulnerabilidad y que su capacidad de respuesta esté sumamente debilitada.⁴²

El problema ambiental también es una cuestión de justicia

Así como es necesario considerar y tratar las interrelaciones entre las numerosas cuestiones ambientales, tales como la contaminación del aire y el agua, la degradación de la tierra, el cambio climático, y la pérdida de biodiversidad, también se debe vincular el medio ambiente con las cuestiones ligadas a la vulnerabilidad y el bienestar de los seres humanos, en particular las referidas a la pobreza y el hambre extremos.

A veces, las peores consecuencias de una actitud medioambientalmente irresponsable no son sufridas por quienes las provocaron sino por poblaciones que nada tuvieron que ver con ellas. Se vio en páginas anteriores que la contaminación química muchas veces afecta a regiones muy distantes de los lugares de emisión de los contaminantes. También se vio que hay algunos efectos de alcance mundial (como el cambio climático, por ejemplo), que afectarán severamente la vida de personas y seres vivos que no son los principales responsables de las emisiones que provocaron el fenómeno.

Esta injusta distribución del peso de las consecuencias medioambientales puede ocurrir por procesos naturales, por ejemplo la dirección de vientos y corrientes marinas, o las características físicas de una región, pero hay también elementos que tienen que ver con el sistema de producción y consumo de las sociedades modernas. Así, por ejemplo, una comunidad pobre de un país en desarrollo se verá posiblemente más expuesta a los efectos del cambio climático porque muy probablemente estará asentada en tierras más vulnerables, no contará con los recursos tecnológicos, financieros y humanos para adaptarse, sus medios de vida dependerán en mayor medida de los recursos naturales, etcétera.

42 GEO 4, 2007

En el caso particular de la contaminación química, la mayor exposición de los países y las poblaciones más pobres es muy concreta. A pesar de que los países desarrollados siguen siendo los mayores productores y consumidores de productos químicos, se ha producido en las últimas décadas un traslado de la producción química más contaminante a países en desarrollo. En la actualidad, aproximadamente el 60% de las plantas de producción de metales del mundo están emplazadas en países en desarrollo, mientras que los países desarrollados importan los metales.⁴³

Este traslado de la producción no siempre ha sido acompañado por medidas de control, o por los recursos tecnológicos, humanos o financieros necesarios, con lo que se incrementan los riesgos de emisiones de productos químicos peligrosos al medio ambiente.

Dentro de cada país, son a su vez las comunidades más pobres las más expuestas. Muchas veces se encuentran en áreas industriales o próximas a pequeñas empresas como fundiciones, minas, zonas agrícolas y vertederos de desechos tóxicos, quedando expuestas a verdaderos cócteles químicos. También, la mayoría de los polígonos industriales y fábricas abandonados se encuentran en comunidades pobres, sirviendo muchas veces de refugio a las personas que no tienen vivienda.

Junto al traslado de las industrias más contaminantes, hay también una transferencia de desechos peligrosos desde los países industrializados a los países en desarrollo. Lo mismo ocurre con algunas actividades como el desmantelamiento de barcos o el reciclado de desechos electrónicos, ambas actividades altamente contaminantes.

A pesar de los varios acuerdos multilaterales referidos al movimiento transfronterizo de sustancias peligrosas, incluida la Declaración de Río de 1992 que, en su Principio 14, insta a los países a "cooperar efectivamente para desalentar o evitar la reubicación y la transferencia a otros Estados de cualesquiera actividades y sustancias que causen degradación ambiental grave o se consideren nocivas para la salud humana", la cuestión del traslado de residuos peligrosos sigue siendo un problema crucial para la comunidad internacional.

Aunque los problemas ambientales afectan a todos por igual, independientemente de la condición social, cultural o económica, los sectores más pobres de la población son en general los más afectados. Estos sectores dependen primordialmente de los bienes y servicios ambientales para sobrevivir, lo que los hace especialmente sensibles y vulnerables a los cambios en el medio ambiente.

La contaminación química, y sus consecuencias directas sobre la calidad del aire, del agua, del suelo, y sus efectos sobre todos los organismos vivos, dañan severamente la capacidad de subsistencia de amplios sectores de la población mundial. Según datos del PNUMA, los recursos naturales representan el 26% de la riqueza de los países más pobres, y hasta un 20% de la carga total de enfermedad de los países en desarrollo se relaciona con riesgos ambientales.⁴⁴

43 Eurostat 2004

44 GEO 4, 2007

El problema ambiental no es simplemente una cuestión de tecnología o de recursos financieros, se trata de una crisis de características planetarias que cuestiona y desafía a las sociedades modernas. Es un momento crítico pero, como toda crisis, puede ser una oportunidad para avanzar hacia una forma de desarrollo diferente.

Es un problema que involucra a toda la humanidad, por lo que la construcción de las alternativas deberá necesariamente involucrar también a todos los sectores.

Hay razones económicas, ambientales, políticas y éticas para actuar pero, por sobre todas las cosas, es un imperativo para poder garantizar un futuro digno y saludable a las presentes y próximas generaciones.

UNIDAD 3: LA PREVENCIÓN ES EL MEJOR ANTÍDOTO ANTE LA EXPOSICIÓN QUÍMICA

ESTA UNIDAD ABORDA LAS SIGUIENTES CUESTIONES:

1. ¿Cómo evaluar peligro y riesgo?
2. ¿Cómo asegurar un manejo seguro?



¡No hay sustancias química seguras!

VALORANDO EL PELIGRO, EL RIESGO Y LA SEGURIDAD: MANIPULACIÓN SEGURA, ¿QUÉ MÁS?

Una revisión histórica de la utilización de los químicos llevaría a señalar un número importante y positivo de aplicaciones y beneficios asociados, tales como la medicina, el control de plagas, los detergentes, los cosméticos, los conservantes y aditivos alimenticios, además de aplicaciones en la industria textil, de la electrónica o en la construcción, por citar algunos ejemplos. Estos beneficios se producen gracias al desarrollo de la química como disciplina científica, y a la producción de químicos y materiales sintéticos a nivel industrial.

No obstante, según la OIT, el número promedio de muertes atribuibles a la exposición profesional a sustancias químicas peligrosas es de aproximadamente 440.000 al año (o dicho de otra manera, un 20% de todas las muertes relacionadas con el lugar de trabajo).⁴⁵ Además, estas sustancias químicas pueden provocar efectos dañinos sobre el medio ambiente, tal y como se ha visto en el punto anterior.

Una gestión medioambientalmente racional de las sustancias químicas tóxicas implica una producción, almacenamiento, transporte, utilización y eliminación seguras. En otras palabras, se precisa desarrollar una forma adecuada de gestión de los químicos teniendo en cuenta todo el ciclo de vida, desde la producción a su eliminación, lo que se conoce como **la gestión de la cuna a la tumba**. Pero el reto está en cómo conseguirlo.

A la hora de valorar y evaluar el peligro y el riesgo, hay una serie de cuestiones cuya respuesta se hace prioritaria:

⁴⁵ Ivan D. Ivan, Igor Fedotov and Monica (2007) "Occupational, environmental and public health" in Labour and the Environment. A natural Synergy, UNEP.

- ¿Pueden evitarse los efectos negativos sobre los/las trabajadores/as, las comunidades y el medio ambiente?
- ¿Se ha hecho suficiente?
- ¿Cuál debería ser el papel de la prevención?

Ante un caso en que los individuos o el medio ambiente sufren exposición a sustancias peligrosas, deben ser puestas en funcionamiento medidas de remediación y descontaminación para minimizar los efectos tóxicos.

No obstante, la prevención debería ser el primer paso a dar para evitar la contaminación y exposición de las personas y el medio ambiente a productos tóxicos, o por lo menos, mantenerlos por debajo de los niveles máximos tolerables. Además, para la mayoría de sustancias químicas no existe "prueba" o "casi prueba" de sus efectos adversos, lo cual provoca que un número incluso mayor de trabajadores/as estén expuestos a ellos. Por ello es tan importante la prevención del riesgo químico.



Siempre es mejor anticipar, que confiar en un enfoque de actuación posterior a los hechos

Definiciones

Se hace necesario definir términos y conceptos clave:

Peligro: es una fuente de daño. Puede definirse como el conjunto de propiedades inherentes a una sustancia, mezcla o proceso químico, que durante la producción, uso o eliminación tiene el potencial de afectar negativamente al medio ambiente u a los organismos.

Riesgo: es importante distinguir entre peligro y riesgo. El peligro se refiere a las propiedades intrínsecas de la sustancia química, mientras que el riesgo se refiere a la probabilidad de que una sustancia química cause un efecto adverso sobre la salud humana y/o el medio ambiente.

Si, por ejemplo, existe un alto riesgo de que una cierta sustancia química cause cáncer a los trabajadores expuestos, entonces es muy probable que algunos de estos/as trabajadores/as desarrollen cáncer. Sin embargo, aunque el riesgo de algunos efectos sea bajo, el químico en cuestión sigue siendo peligroso.

Dependiendo de las circunstancias, un "riesgo bajo" puede ser aceptable para las personas expuestas. Determinar qué es un "riesgo aceptable" es parte del proceso de establecer estándares de seguridad. Es importante señalar que "establecer estándares de seguridad" no es una sola una cuestión científica, sino sobretodo política. Por ello, es importante que las y los trabajadores tengan voz en su definición.

La **valoración/evaluación del riesgo** implica la **identificación del origen del peligro** (la sustancia química en cuestión, sus efectos adversos, la población o grupo social expuesto

y las condiciones de exposición), la **caracterización del riesgo**, la **evaluación de la exposición (a través de mediciones y controles)**, y la **estimación del riesgo**. Por lo tanto, consiste en la identificación y cuantificación del riesgo que se puede resultar del uso de un químico específico, y toma en consideración los efectos potencialmente dañinos de utilizar el químico de la manera y en la cantidad propuestas, además de considerar todas las posibles rutas de exposición.

Gestión del riesgo cubre la amplia gama de acciones que se ejecutan para prevenir, minimizar o controlar los riesgos que presenta un cierto químico o situación. Esto se refiere también a la búsqueda de **sustitutos** para químicos problemáticos, o de procesos nuevos o diferentes para evitar el uso de ciertos químicos.

En este sentido, la noción de **seguridad** es incluso más difícil de definir que riesgo o peligro. La seguridad de un químico, en el contexto de la salud humana, se refiere a hasta que punto este químico puede ser utilizado, en la cantidad necesaria para conseguir el objetivo buscado, con el mínimo riesgo de efectos adversos para la salud humana.

Esto se puede definir también como el nivel de riesgo "socialmente aceptable". Pero, muchas veces, no resulta claro qué parte de la sociedad está juzgando y determinando el riesgo. Habitualmente, las y los trabajadores expuestos al riesgo suelen estar más preocupados sobre la seguridad de una sustancia química que otros actores sociales. Resulta muy importante cuestionar afirmaciones tales como "este químico es seguro", o "existe un nivel muy alto de seguridad para la utilización de este químico". Seguridad es un concepto subjetivo.

El Módulo 2 se centrará en la seguridad en el lugar de trabajo.

EL PRINCIPIO DE PRECAUCIÓN

Como parte de la cultura de prevención, el **principio de precaución** es una noción clave.



"Es una verdad muy certera que cuando no está en nuestro poder el determinar qué es verdad, deberíamos seguir lo que es más probable".
René Descartes (1596-1650)

Este principio tiene su origen en la década del 70, como una respuesta a los efectos adversos sobre el medio ambiente y la salud de las personas, causados por el acelerado crecimiento industrial y las deficiencias en la legislación para el control de la contaminación.

En el contexto de la gestión de los productos químicos, el principio de precaución responde a:

- La complejidad de los problemas ambientales,
- La poca información y, en consecuencia,

- la falta de certeza en cuanto a las relaciones de causa – efecto, y
- la lentitud de las experimentaciones y de la toma de decisiones por los gobiernos.

En su esencia, el principio hace un llamado a la adopción de medidas preventivas de anticipación, cuando una actividad representa una potencial amenaza o daño para la salud, el medio ambiente, la fauna o la flora, aún cuando las relaciones causa – efecto no estén científicamente establecidas por completo.

Las declaraciones y acuerdos internacionales relativos al medioambiente hacen referencia al principio de precaución para cuestiones en las que no hay de certeza científica de la no existencia de daños al medio ambiente. Desde Informe de la 15ª. Sesión del Consejo de Gobierno del PNUMA (1989), a la Declaración de Río sobre Medio Ambiente y Desarrollo (Principio 15), EL Convenio de Estocolmo sobre COP, el Protocolo sobre la Capa de Ozono, el Convenio sobre Cambio Climático, el Convenio de Londres (contaminación de mares por volcado de desechos), el Acuerdo de Pesca de la ONU, y muchos otros acuerdos multilaterales sobre medio ambiente y recursos naturales, el principio ha ganado amplia aceptación internacional como un principio orientador para la toma de decisiones.

A pesar de que no hay un acuerdo internacional sobre una definición específica que cubra todas las situaciones, la aceptación del principio refleja un cambio importante de paradigma para la toma de decisiones en el campo medio ambiente - salud – desarrollo.

El principio de precaución es un principio moral y político que afirma que ante la ausencia de consenso científico sobre la probabilidad de ocurrencia de un daño severo o irreversible para el público, como resultado de una acción o política, la carga de la prueba recae sobre aquellos que apuestan por la acción.⁴⁶

Es por ello que muchos trabajadores/as y sus sindicatos piden que se aplique el principio de “no evaluado, no utilizado”. La precaución se refiere a tomar decisiones de protección basadas en la mejor evidencia disponible.

Cuadro 1.13. Nanotecnología, nanomateriales y precaución

La nanotecnología es una tecnología emergente que se está desarrollando rápidamente y de la que se espera que introduzca importantes cambios en distintos sectores industriales. Esto, puede llevar aparejados muchos avances para la sociedad y beneficios para el medio ambiente, pero también supone nuevos retos, particularmente para la salud y la seguridad.

Hasta la fecha, las discusiones de los beneficios potenciales de las nanotecnologías han estado desvinculadas de las discusiones sobre los riesgos potenciales de los nanomateriales para la salud humana y el medio ambiente. En el contexto de la prevención, debería tenerse en cuenta el principio de precaución para evaluar el desarrollo de estas tecnologías emergentes.

Fuente: Sustainlabour, 2008

46 Raffensberger C, Tickner J (eds.) (1999) Protecting Public Health and the Environment: Implementing the Precautionary Principle. Island Press, Washington, DC

ALTERNATIVAS: EL PRINCIPIO DE SUSTITUCIÓN

La **sustitución** es una de las estrategias preventivas más importantes, teniendo en cuenta que busca eliminar un determinado riesgo en la fuente de emisión, a través de la puesta en práctica de un número de cambios en el proceso productivo.

Estos cambios pueden agruparse en tres niveles:

- Sustitución de una sustancia auxiliar o recurso primario sin afectar al proceso productivo;
- Sustitución de un equipo o procedimiento sin afectar el proceso productivo, y/o,
- Sustitución de una sustancia auxiliar o recurso primario en un equipo, con cambios en el proceso de producción.

UNIDAD 4: HACIENDO EL MUNDO QUÍMICO MÁS VERDE

ESTA UNIDAD ABORDA LAS SIGUIENTES CUESTIONES:

1. ¿Es posible desarrollar una química diferente?
2. ¿Qué es la química verde?

Se dice con frecuencia que las consecuencias de las sustancias químicas en la salud humana o el medio ambiente deberían entenderse como parte necesaria e intrínseca de las llamadas sociedades modernas, que conlleva efectos secundarios "socialmente aceptables".

Pero, ¿la corriente dominante actual de la química es el único camino posible? ¿No existen posibilidades de moverse hacia modelos de producción más limpios y sostenibles? Más que centrarse en la existencia o no de una sustancia química determinada, como se ha venido haciendo hasta la fecha, las preguntas deberían centrarse en qué tipos de químicos, con qué funciones y, además, cuáles deberían ser los principios y criterios que determinen las bases para decidir qué químicos deben producirse y con qué finalidades.

La química es la base de la vida: respiramos O_2 (oxígeno), bebemos H_2O (agua), expulsamos CO_2 , y cuando nos morimos nos convertimos CH_4 , y si somos incinerados generamos PCDD y PCDF (dioxinas y furanos). Por lo tanto, el desarrollo de la química debería ser compatible con el desarrollo de la vida y la protección del medio ambiente.

¿CUÁLES SON LOS LÍMITES DE LA QUÍMICA ACTUAL?

En la química actual pueden identificarse dos problemas, entre otros: la **exposición profesional y los riesgos para la salud humana**, y la **contaminación medioambiental**. La relación entre los riesgos sociales, profesionales y medioambientales está siendo gradualmente reconocida e integrada en las decisiones referidas a la producción y uso de químicos.

Al mismo tiempo, hay otras circunstancias importantes que afectan incluso la viabilidad de la industria química en un futuro relativamente cercano. La **dependencia de la química actual de los combustibles fósiles** requiere una atención particular: un volumen muy importante de productos y materiales sintéticos están producidos a partir de compuestos orgánicos basados en materiales fósiles, mayoritariamente petróleo. Por lo tanto, una variación de precios y de producción del petróleo probablemente afectará también a la industria química. Puede parecer acertado, pues, preguntarse si el **cenit del petróleo** podrá traducirse en un **cenit de los químicos**.⁴⁶

46 Basado en Mestres (2006). Hacia una producción química sostenible, Universidad de Valencia.

Se hace por lo tanto necesario e importante identificar fuentes alternativas y renovables de materiales orgánicos para asegurar que la industria química continúe siendo un proveedor de productos y materiales para el bienestar humano.

La producción y uso de sustancias químicas no solo ha aumentado cuantitativamente, sino que también se ha expandido a nivel geográfico. África, así como América Latina y Asia, se están convirtiendo en vertederos de residuos químicos y, al mismo tiempo, las industrias se están también relocalizando en estas regiones, donde es menor la presión fiscal y legal.

Se estima que habrá un importante cambio en la distribución mundial de la producción de sustancias químicas, que se desplazará de los países de la OCDE a países que no forman parte de esta organización. Se prevé que los países en desarrollo van a incrementar su peso de 23% de la demanda global, y 21% de la producción en 1995, a 33% y 31% respectivamente para 2020.⁴⁷

Es fundamental reforzar la regulación de sustancias químicas a nivel nacional e internacional. Se hace también necesario promover el desarrollo y basar la producción en tecnologías más limpias y seguras. La regulación y la promoción de tecnologías más limpias y seguras sería la mejor medida preventiva para anticipar y evitar la exposición profesional y medioambiental, además de los posibles accidentes.

¡LA QUÍMICA VERDE ES LA CLAVE! ¿PODREMOS ABRIR ESTA PUERTA?

Teniendo en cuenta que todas las sustancias químicas son peligrosas, y que no hay posibilidad de eliminar completamente el riesgo, se debe, al menos, reducirlo lo más posible. Así, parece lógico desarrollar una química que sea lo menos nociva posible. La sustitución de productos y procesos debería ser ampliamente promocionada, son estrategias muy valiosas y necesarias para las prácticas diarias y para la producción.

No obstante, adoptar un principio de sustitución “químico a químico”, es un proceso muy lento, debido a la gran cantidad de químicos ya están en el mercado. Por ello, esto debe ir acompañado de la promoción de un nuevo concepto de química, una química sostenible o **química verde**.

La química verde está basada en la aplicación de una serie de principios por los cuáles la generación de sustancias químicas peligrosas es reducida o eliminada en el diseño, producción o aplicación de productos químicos,⁴⁸ a través del uso de materiales renovables no tóxicos y biodegradables, y evitando la generación de residuos. Avanzar hacia una química diferente, basada en la imitación de la naturaleza, o biomimesis, deben ser uno de los principios para un futuro “verde”.

47 Monosson, Emily from UNEP (2007) “Chemicals use in Africa”, Encyclopaedia of Earth. Source: http://www.eoearth.org/article/Chemical_use_in_Africa (última entrada 19 Diciembre 2007)

48 Anastas, P. T.; Warner, J. C. (1998) Química Verde. Teoría y práctica, *Green Chemistry: Theory and Practice*, Oxford University Press: New York, p.30.

Cuadro 1.14. Investigación en Química Verde

El enfoque de la Química Verde se basa en 12 principios, fue desarrollado por los doctores Paul Anastas y John Warner:

1. **Prevención:** es preferible evitar la producción de un residuo que tratar de limpiarlo una vez que se haya generado.
2. **Economía atómica:** los métodos de síntesis deben diseñarse de manera que incorporen al máximo, en el producto final, todos los materiales usados durante el proceso, minimizando la formación de subproductos.
3. **Usar metodologías que generen productos con toxicidad reducida:** siempre que sea posible, los métodos de síntesis deben utilizar y generar sustancias que tengan poca o ninguna toxicidad, tanto para el hombre como para el medio ambiente.
4. **Generar productos eficaces pero no tóxicos:** los productos químicos deberán de mantener la eficacia, a la vez que reducir su toxicidad.
5. **Reducir el uso de sustancias auxiliares:** se evitará, en lo posible, el uso de sustancias que no sean imprescindibles (disolventes, reactivos para llevar a cabo separaciones, etc.) y en el caso de que se utilicen que sean lo más inocuos posibles.
6. **Disminuir el consumo energético:** los requerimientos energéticos serán catalogados por su impacto medioambiental y económico, reduciéndose todo lo posible. Se intentará llevar a cabo los métodos de síntesis a temperatura y presión ambientes.
7. **Utilizar materias primas renovables:** la materia prima ha de ser preferiblemente renovable en vez de agotable, siempre que sea técnica y económicamente viable.
8. **Evitar derivados innecesarios:** se evitará en lo posible la formación de derivados (grupos de bloqueo, de protección/desprotección, modificación temporal de procesos físicos/químicos).
9. **Potenciar la catálisis:** se emplearán catalizadores (lo más selectivos posible), preferentemente reutilizables, en lugar de reactivos estequiométricos.
10. **Generar productos biodegradables:** los productos químicos se diseñarán de tal manera que al finalizar su función no persistan en el medio ambiente sino que se transformen en productos de degradación inocuos.
11. **Desarrollar metodologías analíticas para la monitorización en tiempo real de los procesos:** deberá avanzarse en el desarrollo de metodologías analíticas que permitan una monitorización y control en tiempo real del proceso, previamente a la formación de sustancias peligrosas
12. **Minimizar el potencial de accidentes químicos:** las sustancias empleadas en los procesos químicos se elegirán de forma que se minimice el riesgo de accidentes químicos, incluidas las emanaciones, explosiones e incendios.

Fuente: Anastas, P. T.; Warner, J. C. (1998) *Química Verde. Teoría y práctica, Green Chemistry: Theory and Practice*, Oxford University Press: New York, p.30.

La propuesta de una química sostenible va de la mano de la necesidad de desarrollar productos sostenibles, basados en una **producción limpia**.

Imaginar una sustancia química:

- Que no se acumule en el medio ambiente o nuestros cuerpos;
- Que no presente toxicidad – para a los seres humanos ni para medio ambiente;
- Que esté basada en recursos renovables;
- Que minimice el uso de energía y recursos;

Cuadro 1.15. Producción limpia

La Producción “Más Limpia”, es la aplicación continua de una estrategia ambiental preventiva e integrada para los procesos, productos y servicios con el objetivo de incrementar la eficiencia y reducir los riesgos sobre la población humana y el ambiente. (PNUMA, 2001)

- **Procesos productivos:** Conservación de materias primas y de energía, eliminación de materias primas tóxicas y reducción de la cantidad y de la toxicidad de residuos y emisiones.
- **Productos:** Reducción de los impactos negativos en el transcurso del ciclo de vida de un producto, desde la extracción de materias primas hasta la disposición final.
- **Servicios:** Incorporación de las preocupaciones medioambientales en la planificación y en el suministro de servicios.

Fuente: PNUMA, *Rama de la Producción y Consumo, Producción más limpia – Elementos Clave (Cleaner production – Key elements)* http://www.uneptie.org/pc/cp/understanding_cp/home.htm#definition (última entrada 19 de diciembre de 2007)

- Cuyos productos puedan ser reutilizados, reciclados o compostados al final de sus vidas útiles; y
- Que sirva a la producción de bienes necesarios y útiles y al trabajo seguro.

¿Es esto una fantasía? ¿O puede ser la realidad de nuestro futuro? Además de formular un objetivo y estrategias generales, parece necesario responder a la pregunta fundamental de si es técnicamente posible desarrollar y poner en práctica una química verde, además de establecer sistemas de producción más limpia.

Un número importante de productos químicos están siendo desarrollados ya por algunas compañías siguiendo estos principios. Puesto que también significan nuevas oportunidades económicas, las y los consumidores y clientes deberían presionar a las compañías para que adopten la química verde. Aunque es fundamental también, garantizar que los productos de la química verde no tengan efectos adversos en la salud de las y los trabajadores.

Es cierto que muchas cuestiones técnicas siguen sin estar resueltas. No obstante, resulta difícil encontrar respuestas cuando los recursos destinados a la investigación y desarrollo, así como a la evaluación de impacto, son insuficientes.

La voluntad política de invertir en innovación y desarrollo, de adoptar marcos regulatorios y normativos que favorezcan la producción limpia y la química verde, y de promover el desarrollo de capacidades para una acción apropiada, son algunas de las puertas que necesitan ser empujadas y abiertas.

Las y los trabajadores y sus sindicatos, son las primeras víctimas de las sustancias químicas, y pueden y deben empujar para que se abran estas puertas hacia nuevos caminos. La búsqueda de apoyos y alianzas con la comunidad científica e investigadora, y el sector privado, puede ser una estrategia exitosa para conseguir mayores impactos sociales.

La química verde es la llave para abrir la puerta hacia el camino de la sostenibilidad.

¿DÓNDE ENCONTRAR MÁS INFORMACIÓN?

Fuentes de información para identificar sustancias (última entrada 24 de abril de 2008):

- Fichas Internacionales de Seguridad Química - International Chemical Safety Cards <http://www.ilo.org/public/spanish/protection/safework/cis/products/icsc/> o http://www.unece.org/trans/danger/publi/unrec/12_sp.htm
- TOXNET <http://toxnet.nlm.nih.gov> (solo en inglés)
- Hazardous Substance Database (HSDB) <http://toxnet.nlm.nih.gov/cgi-bin/sis/htmlgen?HSDB> (solo en inglés)
- Pesticide Action Network Database <http://www.pesticideinfo.org> (solo en inglés)
- ChemIDplus <http://chem2.sis.nlm.nih.gov/chemidplus/chemidlite.jsp> (solo en inglés)
- European Chemicals Bureau <http://ecb.jrc.it/existing-chemicals/> (solo en inglés)
- RISCTOX. Contiene información en castellano sobre los riesgos para la salud y el medio ambiente de más de 30.000 químicos - <http://www.istas.net/ecoinformas>

REFERENCIAS DEL MÓDULO 1

Páginas web oficiales:

- Organización Internacional del Trabajo: Trabajo Seguro - Safe work <http://www.ilo.org/public/spanish/protection/safework/index.htm>

Documentos:

- OIT, Oficina Internacional del Trabajo: Programa en Seguridad y Salud y Trabajo y Medio Ambiente – Herramienta internacional de control de químicos - International Chemical Control Toolkit http://www.ilo.org/public/english/protection/safework/ctrl_banding/toolkit/main_guide.pdf (solo en inglés)
- OIT, Centro Internacional de Información sobre la Seguridad y Salud laboral: Cuestiones básicas en la seguridad de los productos químicos - Basics of chemical safety <http://www.ilo.org/public/spanish/protection/safework/cis/products/safetytm/toc.htm>
- OIT, Centro Internacional de Información sobre la Seguridad y Salud laboral: Módulos de formación en Seguridad Química - Chemical safety training modules <http://www.ilo.org/public/spanish/protection/safework/cis/products/safetytm/index.htm>
- OIT: Los químicos en el puesto de trabajo. Tu salud y tu seguridad en el trabajo - Chemicals in the workplace. Your health and safety at work. <http://www.itcilo.it/actrav/actrav-english/telearn/osh/kemi/chemicaa.htm> (solo en inglés)
- IPCS (Programa internacional de Seguridad Química): Directrices para la prevención de la exposición tóxica, Formación y sensibilización - Guidelines on the prevention of toxic exposure, Education and public awareness activities, 2004
- IPCS (Programa internacional de Seguridad Química): Users' manual for the IPCS health and safety guides <http://www.inchem.org/documents/hsg/hsg/hsgguide.htm> (solo en inglés)
- IPCS (Programa internacional de Seguridad Química): Seguridad y Salud en el Uso de Productos Agroquímicos - Safety and Health in the Use of Agrochemicals <http://www-old.itcilo.org/actrav/actrav-spanish/telearn/osh/kemi/pest/pesti2.htm>
- IPCS (Programa internacional de Seguridad Química): Químicos Peligrosos en la Salud Humana y Medioambiental - Hazardous Chemicals in Human and Environmental Health, 2000
- IPCS (Programa internacional de Seguridad Química): Principios Científicos Generales de Seguridad Química, Guía de Formación, General Scientific Principles of Chemical Safety, Training Module, n.4
- Cáncer profesional/Cáncer cero – Una guía sindical para la prevención - Occupational Cancer/Zero cancer – A Union Guide to prevention <http://www.hazards.org/cancer/> (solo en inglés)
- OMS-PNUMA (2006) – Gestión racional de pesticidas y tratamiento de diagnóstico para la contaminación con pesticidas - Sound Management of Pesticides and diagnosis treatment of pesticide poisoning
- PNUMA (2007). Perspectivas del Medio Ambiente. Informe GEO-4. <http://www.pnuma.org/GEO4/>

NOTAS:

NOTAS:

Módulo 1
