



**UNIVERSIDAD DE MATANZAS
"CAMILO CIENFUEGOS"
FACULTAD DE INGENIERIAS QUÍMICA – MECANICA.**

MONOGRAFÍA

TEMAS SELECCIONADOS DE TOXICOLOGÍA

Dra. M^a del Pilar Almeida Galbán

Dra. Lourdes Yamén González Sáez

Centro de Estudios de Medio Ambiente.

Noviembre, 2007

UNIVERSIDAD DE MATANZAS "CAMILO CIENFUEGOS"
CENTRO DE ESTUDIOS DE MEDIO AMBIENTE

AUTORAS:

Profesora: ***Dra. M^ª del Pilar Almeida Galbán.***

Profesor Titular y Profesora Consultante

Centro de Estudios de Medio Ambiente (CEMAM). UMCC.

Colaborador del Dpto. de Química e Ingeniería Química y del

Centro de Estudios y Desarrollo de la Educación (CEDE).

e-mail: pilar.almeida@umcc.cu pilar121051@yahoo.com.mx

y

Profesora: ***Dra. Lourdes Yamén González Sáez***

Profesor Auxiliar

Centro de Estudios de Medio Ambiente (CEMAM). UMCC.

e-mail: lourdes.gonzalez@umcc.cu

INDICE:

Introducción. Generalidades

Toxicología. Definición. Toxicidad.

Efectos: Agudo, Crónico, Local y Sistémico. Significado de Absorción.

Grado de Toxicidad de las sustancias:

- a) Desconocido.
- b) No tóxicas.
- c) Ligeramente tóxicas.
- d) Moderadamente tóxicas.
- e) Severamente tóxicas.

Definición de veneno.

Dosis Efectiva.

Métodos de expresar las dosis efectivas.

A. Valor Límite Umbral o Concentración Máxima Admisible (C.M.A.).
Interpretación.

B. Dosis Letal Mínima y Dosis Letal Media (DL₅₀).

Formas en que se presentan las Sustancias Tóxicas.

- a. Polvos.
- b. Humos.
- c. Aerosoles.
- d. Vapores.
- e. Gases.
- f. Sustancias químicas de uso más frecuente en el laboratorio.
- g. Los plaguicidas.

Susceptibilidad Individual.

Principios de Prevención

I. Control Médico.

II. Control de Ingeniería.

Las drogas. Definición. Clasificación. Efectos. Ejemplos. El alcoholismo.

Sustancias Radiactivas.

Residuos tóxicos. Generalidades. Clasificación.

Contaminación. Toxicología y Medio Ambiente.

BIBLIOGRAFÍA:

Sax N. Irving. Dangerous Properties of Materials.

Álvarez, Joaquín; Enfermedad y Ambiente.

Documentos sobre drogas de búsqueda en Internet.

Diccionario Enciclopédico Océano. Edición 2003.

TOXICOLOGÍA: Ciencia que estudia la naturaleza, las propiedades y el modo como actúan las sustancias tóxicas, así como la sintomatología, las intoxicaciones, su diagnóstico, tratamiento y prevención. ***Toxicidad:*** Es la capacidad o habilidad de una molécula o compuesto químico para producir daño en un sitio susceptible del cuerpo humano. El peligro de la toxicidad radica en la manera en la cual la sustancia es usada. Tomado del texto Dangerous properties of industrial materials de Sax N., Irving.

Ambiente de trabajo: Entorno laboral. Concepto: Es todo lo que rodea al trabajador.

Riesgos del ambiente: Son los factores que estando presentes en el medio laboral, resultan por lo regular **dañinos o nocivos**. Se revelan por sus efectos al causar enfermedades o accidentes.

Los factores se dividen en:

1. Físicos
2. Químicos
3. Biológicos
4. Psico fisiológicos
5. Sociales.

Físicos. Los más importantes son:

- Utilización inadecuada de los colores en los locales.
- Temperatura del aire. Frío. Calor.
- Fuentes de ignición.
- Ventilación.
- Ruido (contaminación sónica).
- Radiaciones.
- Presión atmosférica.

Químicos. Presencia de sustancias tóxicas, cuya definición es:

Sustancia tóxica: Son aquellas que dañan o matan las células de los organismos, tales como los venenos.

Sustancia tóxica otra definición: Son aquellas sustancias químicas, inorgánicas u orgánicas, de diferentes características y fórmulas que, presentándose en forma líquida, sólida, gaseosa, en aerosoles, nieblas, vapores, etc., pueden penetrar en el organismo y provocar efectos tóxicos, irritantes, sensibilizadores, cancerígenos, mutágenos e influir sobre la función reproductora.

Biológicos: Este grupo comprende los microorganismos:

- Virus
- Bacterias
- Hongos
- Rickettsias
- Protozoarios
- Y macroorganismos: animales y vegetales y sus productos (ejemplo polen de las flores) que sean capaces de provocar lesiones o enfermedades a los trabajadores.

Psicofisiológicos: Carga física y neurosíquica que emplea y soporta el trabajador durante la jornada laboral.

- Carga Física : estática y dinámica
- Carga neurosíquica: mental y emocional, de analizadores y monotonía de trabajo.

Sociales.

Efectos de los factores ambientales sobre el trabajador

1) Sobre la salud y la integridad física:

- Accidentes fatales
- Accidentes de trabajo y traumas laborales.
- Enfermedades profesionales y del trabajo.
- Daños a la descendencia.

2) Sobre la actividad laboral (legales)

- Invalidez total.
- Invalidez total temporal.
- Invalidez parcial temporal.
- Invalidez parcial permanente.

Estos efectos los pueden producir las sustancias tóxicas de acuerdo al **grado de toxicidad** de las mismas.

CONTAMINACION ATMOSFÉRICA

- Presencia de uno o más contaminantes en la atmósfera exterior, en cantidades y duración tal que pueden ser (o tienden a ser) nocivos para la vida del hombre, plantas o animales o para la propiedad (materiales) o que pueden interferir con el uso y disfrute de la vida o propiedad o con la realización del trabajo.

Contaminantes atmosféricos y del ambiente de trabajo. Cualquiera de los gases, vapores y polvos presentes en la atmósfera en proporción superior a la considerada como normal.

I. CONTAMINANTES ATMOSFÉRICOS

I. Dentro de estos **contaminantes atmosféricos** se encuentran:

a) Productos de origen mineral:

- Masas de arena fina de los desiertos y arenales.
- Nubes de cenizas de lava pulverizada.
- Cenizas de lava de erupciones volcánicas recientes.
- Brumas y nieblas de los mares, que aportan diversos núcleos de condensación por aglomeración de cristales $MgCl_2$, $NaCl$, KBr , NaI , KI y otros.
- Polvos de origen extra-terrestre provenientes de los meteoritos, que con gran profusión entran en la atmósfera.
- Sustancias radiactivas causadas por las explosiones que se realizan con diversos fines, pacíficos o militares, en diferentes lugares de la tierra.

b) Productos biológicos de origen animal y vegetal.

Incluye la totalidad de los productos de contaminación atmosférica, dentro de los cuales pueden señalarse:

- Nubes de polvo resultantes de incendios de bosques y praderas.
- Las nubes de POLEN de diferentes árboles.
- Las esporas de hongos.
- Otros productos de la fermentación y putrefacción de la materia orgánica de origen VEGETAL Y ANIMAL.
- La contaminación de aire espirado.
- La contaminación de origen microbiano condicionada por factores climáticos (temperatura y humedad).
- Secreciones de animales e insectos.

c) Productos de la vida social.

- El HOMBRE contamina la atmósfera y el medio ambiente en general con GASES que provienen de:
 - ✓ Alcantarillados.
 - ✓ Abonos.
 - ✓ Cultivos de suelos.
 - ✓ Limpiezas.
 - ✓ Cocinas.
 - ✓ Tabacos y cigarros.
 - ✓ Y otros muchos más

II. Contaminantes del ambiente de trabajo:

En la INDUSTRIA y otros ambientes de trabajo (oficinas, almacenes y otros) el ambiente interior puede contaminarse por:

- a. Procedimientos tecnológicos tales como:
 - Calor en los talleres de fundición de acero y forja.
 - Vapores de sustancias químicas volátiles.
 - Humos metálicos (soldadura).
 - Polvos, trituración de materiales, esmerilados.
- b. Procesos vitales humanos: emisión de CALOR, CO₂, transpiración, excreción, etc.
- c. Condiciones climáticas o atmosféricas que se generan en:
 - Refinerías.
 - Termoeléctricas.
 - Altos hornos, etc.
 - Absorción y radiaciones térmicas de paredes, techos y pisos.
 - Acción de los rayos solares.
 - Y otros elementos del clima.

CONTAMINACIÓN AMBIENTAL E INTOXICACIÓN

CONTAMINACIÓN AMBIENTAL

Presencia en el medio ambiente de una o más sustancias o cualquier combinación de estas, así como toda forma de energía, como calor, radiactividad, ruidos y vibraciones que al actuar sobre el aire, agua o suelo, molesten o perjudiquen la vida, la salud o el bienestar humano o de la flora o fauna y degradan la calidad del medio ambiente.

Veneno: La sustancia que mata o causa daño a los seres vivos cuando es aplicada en pequeñas dosis.

La **INTOXICACIÓN** se define como **envenenamiento**, en forma crónica o aguda, a consecuencia de la absorción por las diferentes vías: piel, aparatos respiratorio y digestivo (ingestión, inhalación, cutánea y membranas mucosas) de cantidades variables de una sustancia presente en el ambiente de trabajo y que lo contamine, originada por los procesos tecnológicos o desprendida en el proceso productivo como desecho o no, y capaz de enfermar a los trabajadores.

Es por esto que hay una íntima relación entre **contaminación del ambiente laboral e intoxicación**: es necesario que esté presente el primer factor para que se produzca lo segundo de ahí que una de las principales tareas en la higiene del trabajo sea la lucha contra la contaminación.

Los diez principales agentes de la contaminación son:

Dióxido de carbono CO₂

Monóxido de carbono CO

Dióxido de Azufre SO₂

Óxidos de nitrógeno NO₂

Fosfatos PO₄³⁻

Mercurio Hg

Plomo Pb

Petróleo

Plaguicidas

Radiaciones ionizantes.

Efectos que causan las sustancias tóxicas en el organismo humano:

Efecto Agudo o Intoxicación Aguda: Es el efecto de **CORTA DURACIÓN**, que se manifiesta en **SEGUNDOS, MINUTOS U HORAS** y está relacionado fundamentalmente con los accidentes como derrames y escapes de las sustancias tóxicas. Ejemplo el accidente del Amoníaco (NH_3) ocurrido el 4 de mayo de 1990 en la zona de la Playa, Ciudad de Matanzas.

Efecto Crónico o Intoxicación Crónica: Es el efecto **DE LARGA DURACIÓN** que se manifiesta en **DÍAS, MESES O AÑOS**, y está relacionado con las enfermedades profesionales, Ejemplo Saturnismo (intoxicación por Plomo y sus compuestos) y Sulfocarbonismo (intoxicación crónica por CS_2 , Bisulfuro de Carbono).

Estos dos efectos están relacionados con el **tiempo de exposición** de las personas a la acción de las sustancias tóxicas.

Los otros dos efectos que se estudian son:

Local y Sistémico.

Efecto local: Es aquel que ejerce la sustancia tóxica en un área o zona del cuerpo.

Absorción: Se plantea que una sustancia ha sido absorbida cuando ésta ha entrado en el torrente sanguíneo y consecuentemente puede ser conducida a todas partes del cuerpo. La absorción requiere que la sustancia pase a través de la piel, las membranas mucosas o los sacos de aire (alvéolos) de los pulmones. Esto puede ser producido también por una inyección, intramuscular, intravenosa o subcutánea, pero no tiene importancia en Toxicología Industrial.

Efecto sistémico: Es aquel que ejerce la sustancia tóxica cuando es absorbida a través del torrente sanguíneo.

Vías de penetración de las sustancias tóxicas al organismo humano

- Piel (vía cutánea y membranas mucosas).
- Respiratoria (por inhalación).
- Aparato digestivo (por ingestión).

Las dos primeras son más frecuentes en el ambiente laboral producto de la contaminación.

Grado de toxicidad de las sustancias.

El grado de toxicidad tiene en cuenta dos clasificaciones, la de Sax N. Irving y la de la Norma Cubana. 19-01-02, 1985 SUSTANCIAS NOCIVAS

La clasificación que aborda Sax N. Irving es la siguiente:

Toxicidad desconocida: Esta designación se le otorga a las sustancias que entran en una de las siguientes categorías:

- a. La información no puede ser encontrada en la literatura y ninguna es conocida por los autores.
- b. Información limitada, basada en experimentos con animales, que está disponible pero en opinión de los autores esta información no puede ser aplicada a las exposiciones de los seres humanos. En algunos casos, esta información es mencionada y se conoce que se han realizado algunos trabajos experimentales.
- c. Existen datos de toxicidad publicados pero los autores opinan que son de cuestionable validez.

No tóxicas : Esta designación se le da a las sustancias las cuales se clasifican en una de las siguientes categorías:

- a. Sustancias que no causan daño bajo cualquier condición de uso.
- b. Sustancias las cuales producen efectos tóxicos en los humanos solamente bajo condiciones inusuales o por una sobredosis.

Ligeramente tóxicas o Toxicidad Ligera: Producen daños ligeros en el cuerpo humano, los cuales son reversibles y pueden desaparecer cuando termina la exposición o con un tratamiento médico.

Moderadamente tóxicas o Toxicidad Moderada: Estas sustancias pueden producir tanto cambios reversibles como irreversibles en el cuerpo humano. Estos cambios no son tan severos para producir un impedimento físico permanente.

Severamente tóxicas o Toxicidad severa: Estas sustancias causan daños lo suficientemente severos como para producir impedimentos físicos, desfiguraciones o causar la muerte, en dependencia del tipo de efecto que

se presente, si es agudo, crónico, local o sistémico, también depende de la vía de penetración al organismo humano, es decir, a través de la piel, por inhalación o por ingestión.

La Norma Cubana 19-01-02, 1985 SUSTANCIAS NOCIVAS clasifica el grado de toxicidad de las sustancias de la siguiente forma:

1. Sumamente tóxicas. Ejemplo los plaguicidas.
2. Muy tóxicas. Amoníaco (NH₃).
3. Moderadamente tóxicas.
4. Ligeramente tóxicas.

Veneno: La sustancia que mata o causa daño a los seres vivos cuando es aplicada en pequeñas dosis, es difícil distinguir entre sustancia venenosa y no venenosa, todo depende de la cantidad o dosis aplicada.

Dosis Efectiva: En Toxicología Industrial es necesario tener en cuenta este concepto para aplicar las medidas de prevención y/o actuar en consecuencia cuando ocurre un accidente causado por sustancias tóxicas. La Toxicología Industrial está relacionada con las sustancias tóxicas que pueden causar daños en el organismo humano. Para que ese daño sea efectivo influyen diferentes factores como son:

- 1) Cantidad o concentración de la sustancia, por ejemplo el ácido H₂SO₄, cuando se encuentra concentrado si cae en la piel produce un severo daño pues tiene un alto poder deshidratante, sin embargo si este mismo ácido está diluido, el daño es imperceptible.
- 2) Duración de la exposición. Tiempo que la persona se expone a la sustancia o agente tóxico.
- 3) Estado de dispersión de la sustancia tóxica (tamaño de las partículas, estado físico: vapores, gases, humos, polvos).
- 4) Afinidad por los tejidos humanos.
- 5) Solubilidad en los fluidos humanos. (Ejemplo: solubilidad de la sustancia en la sangre).
- 6) Sensibilidad de los órganos y tejidos humanos.

Medidas de la contaminación y Métodos de expresar la Dosis Efectiva.

La contaminación se expresa en diferentes medidas, de acuerdo con el modo en que se presente, de ahí que si ésta se encuentra en fase gaseosa, generalmente se mide en partes por millón *p.p.m.*, que indica el volumen de partes contaminantes contenidas en un millón de partes de atmósfera, siempre considerada a la temperatura de 25°C y 720 *mm* de Hg de presión atmosférica. Si el contaminante dispersado en la atmósfera es líquido o sólido, esta concentración se expresa en miligramos por metro cúbico de aire *mg/m³*.

Para una gran cantidad de sustancias, tanto líquidas como gaseosas, y polvos existen límites de permisibilidad. Este límite máximo tolerable se conoce como:

CONCENTRACIÓN MÁXIMA ADMISIBLE (C.M.A.): Es la concentración de la sustancia nociva en el aire de la zona de trabajo a la que un trabajador puede exponerse en jornadas de 8 HORAS diarias durante toda la vida laboral, sin provocarle enfermedad o alteración del estado de salud detectable por los actuales métodos de investigación, ni en el curso de la actividad laboral ni un plazo lejano de la presente y futura generación. Las unidades en que se expresa son: mg de sustancia tóxica/m³ de aire (mg/m³).

El término C.M.A. se conoce también como Valor Límite Umbral **TLV** (siglas en Inglés).

La aplicación literal de los valores de CMA o TLV puede resultar peligrosa debido a las siguientes razones:

- a. La gran mayoría de los datos publicados se obtienen de los experimentos con animales de laboratorio (ratas), en muy pocos casos estos valores son obtenidos por exámenes en los seres humanos.
- b. Las concentraciones de las sustancias tóxicas o dañinas en el ambiente laboral raras veces permanecen constantes a través del tiempo.
- c. Las exposiciones en la industria frecuentemente involucran varias sustancias o mezclas de estas.
- d. Se debe tener en cuenta un concepto o término que se planteará más adelante: **susceptibilidad individual.**

No obstante estas limitaciones los valores de CMA pueden ser utilizados y presentan grandes aplicaciones prácticas.

DOSIS LETAL MÍNIMA Y DOSIS LETAL MEDIA:

DOSIS LETAL MÍNIMA (DL): Es la cantidad de sustancia tóxica por unidad de peso corporal de un animal experimental la cual tiene un efecto **FATAL**, las unidades en que se expresa son: mg de sustancia tóxica/unidad de peso corporal (mg/Kg).

No obstante lo anterior, en toxicología es más común utilizar el término:

DOSIS LETAL MEDIA (DL₅₀).

DOSIS LETAL MEDIA (DL₅₀): Es la cantidad de sustancia tóxica que resulta letal para el 50% de los animales en experimentación, también se expresa en mg/Kg.

En el libro Enfermedad y Ambiente de Joaquín Álvarez Denis aparecen las CMA de un gran número de sustancias tóxicas, en las páginas 194-209.

De acuerdo con la clasificación de toxicidad que plantea la Norma Cubana 19-01-02, 1985 SUSTANCIAS NOCIVAS, se establecen los índices de CMA y DL₅₀ para cada grado de toxicidad como se puede observar en la siguiente tabla:

CLASIFICACIÓN DE TOXIDIDAD DE LAS SUTANCIAS NOCIVAS

Índices	1	2	3	4
CMA en el aire de la zona de trabajo (mg/m ³)	<0,1	0,1 a 1,0	1,1 a 10,0	>10,0
DL ₅₀ oral (mg/kg)	<15	15 a 150	151 a 5 000	>5 000
DL ₅₀ cutánea	<100	100 a 500	501 a 2 500	>2 500
CL ₅₀ (mg/m ³)	<500	500 a 5000	5001a 50 000	>50 000

SUCEPTIBILIDAD INDIVIDUAL: Este término significa que cada persona responde de una manera muy específica a la acción de las sustancias tóxicas, porque cada ser humano tiene un metabolismo diferente. Los factores que influyen en esta respuesta son los siguientes:

- ❖ Diferente estructura anatómica de la nariz que influye en la forma que es filtrada la sustancia tóxica hacia el interior de los pulmones.
- ❖ Si la persona ha sufrido intoxicaciones previas a la misma sustancia.

- ❖ La obesidad en caso de los solventes orgánicos resulta peligrosa, por la posible absorción de la sustancia en el tejido adiposo.
- ❖ El sexo.
- ❖ Factores de tipo nutricional. Aunque esto no está demostrado totalmente, si se ha establecido que existe una relación entre la dieta y la susceptibilidad a los venenos.
- ❖ Los alcohólicos tienen mayores posibilidades de envenenamiento si trabajan con disolventes orgánicos.

NORMAS GENERALES PARA EL TRATAMIENTO DE LAS INTOXICACIONES Y CONTAMINACIONES

En la industria, en la agricultura, en la prestación de servicios y en otras múltiples actividades, los trabajadores se encuentran expuestos a una serie de sustancias de acción tóxica. Algunos de estos agentes como ya se ha planteado producen afecciones crónicas o a largo plazo, intoxicaciones lentas, pero además pueden causar trastornos de extrema agudeza, ya sea por errores en su empleo, por accidente y otras causas, lo que requiere del auxilio inmediato (ejemplos clásicos son el Pb y el Hg). Así mismo, existen otros productos que únicamente ocasionan afecciones agudas.

Por todo esto, en el tratamiento de las intoxicaciones y contaminaciones deben seguirse los siguientes principios fundamentales:

1. Eliminación de la sustancia tóxica o contaminante y separación inmediata del obrero del ambiente de trabajo.
2. Neutralización, destrucción o retardo de la acción del tóxico o contaminante mediante antídotos y otras medidas.
3. Tratamiento sintomático y específico de las acciones tóxicas y sus secuelas.

1. Eliminación del tóxico:

En muchos casos la eliminación del tóxico se consigue con la sencilla medida de quitar toda la ropa y dar un lavado amplio con agua y jabón, como debe hacerse en las intoxicaciones por plaguicidas. En otros, el arrastre con agua simplemente ayuda a la eliminación de la sustancia tóxica o contaminante. El

sacar al trabajador del ambiente enrarecido o contaminado y ponerlo a respirar aire puro u oxígeno, también favorece su mejoría, como ocurre en las intoxicaciones con gases CO y CO₂.

En otras situaciones se logra eliminar la sustancia tóxica provocando el vómito o haciendo un lavado de estómago mediante sondaje, si el producto tóxico ha sido ingerido por accidente, por error o intencionalmente. El lavado gástrico puede en ocasiones, salvar la vida: debe practicarse inmediatamente, o al menos en las 3 horas siguientes a la ingestión del tóxico; pero si ya antes se ha suministrado al trabajador leche u otro antídoto, quizás pueda demorarse un poco, aunque es aconsejable hacerlo sin demora.

2. Neutralización de la sustancia tóxica.

Requiere la identificación del mismo, esto facilita cual debe ser el producto neutralizante o la medida adecuada que lo facilite. No obstante hay determinadas sustancias con el nombre de antídotos universales (DEFINICIÓN PELIGROSA, PUES NO LO SON EN REALIDAD) que se utilizan para contrarrestar la acción de diferentes productos: los más empleados son el carbón activado, por sus propiedades adsorbentes, el carbón vegetal, el Mg(OH)₂, la leche de vaca, el té negro, el café, y otros.

Existen algunos antídotos cuyo uso ha demostrado su eficacia

Tóxico	Antídoto
Ácidos	Alcalinos, Mg, jabón, Ca(OH) ₂ diluida, NaCO ₃ H
Álcalis	Ácidos débiles, vinagre, jugo de limón.
Tóxicos orgánicos	Agentes oxidantes, H ₂ O ₂ , KM _n O ₄ ,
Narcóticos (naturales y sintéticos)	Clorohidrato de nalorfina
Metales pesados	Dimercaprol(BAL), Sb, As, EDTA de C _a Pb
Anilinas	Azul de Metileno

3 Tratamiento sintomático y específico de las acciones tóxicas y sus secuelas.

El tratamiento sintomático y específico de la acción tóxica y sus secuelas se tratará en el acápite de enfermedades profesionales, sin embargo es necesario recordar que deben tratarse, si así lo requieren, la parálisis respiratoria, la hipoxia, el shock y las convulsiones según lo normado.

Por eso en Cuba hoy existe en cada barrio, en cada localidad, en los centros de trabajo y en los centros de becarios lo que se conoce como MÉDICO Y ENFERMERA DE LA FAMILIA.

Cada centro de trabajo como por ejemplo la Rayonitro tiene en su plantilla una enfermera y un médico de familia, al igual que la CTE A. Guiteras.

Formas en que se presentan las Sustancias Tóxicas.

- a) Polvos.
 - b) Humos.
 - c) Aerosoles.
 - d) Vapores.
 - e) Gases.
 - f) Sustancias químicas de uso más frecuente en el laboratorio.
 - g) Los plaguicidas.
-
- a) Polvos. Partículas sólidas generadas en los procesos productivos tales como: Producción de Levadura Torula, Explotación de Canteras, Minería y otros. Los polvos no tienden a flocular, excepto bajo fuerzas electrostáticas, no se difunden en el aire, pero sedimentan bajo la influencia de la gravedad.
 - b) Humos. Partículas sólidas generadas por la condensación a partir del estado gaseoso, generalmente después de la volatilización de metales fundidos y acompañada en algunas ocasiones por reacciones químicas como la oxidación.
 - c) Aerosoles. Por aerosoles se entiende, los gases que contienen en suspensión partículas sólidas o líquidas y los mismos se distinguen no sólo por su composición química, sino también por su tamaño.

- d) Vapores. Son sustancias sólidas o líquidas que tienen una alta presión de vapor y que generalmente a temperatura ambiente se volatilizan. Ejemplo éter, NH_3 , alcoholes de baja masa molar y otros.
- e) Gases. Son sustancias que ocupan todo el recipiente que los contiene, ejemplo CO , CO_2 y otros.

Principios de prevención:

Un programa efectivo de prevención para los venenos ocupacionales, es decir para las sustancias tóxicas presentes en el ambiente de trabajo, depende en gran medida de los directivos de la empresa. En Cuba, en cada centro laboral que maneja sustancias tóxicas existe lo que se conoce como Médico y Enfermera de la familia, además cada empresa tiene su plan de contingencia para el caso de derrames, escapes u otros accidentes originados por el uso de sustancias tóxicas.

Aspectos de prevención:

- I. Control médico
- II. Control de Ingeniería.

I. Control médico

Este término es empleado en la literatura para describir las funciones del médico laboral o medicina del trabajo y el papel que juegan la enfermera y el médico de familia en la industria.

Las leyes laborales de Cuba exigen lo siguiente:

- a) Chequeo pre-empleo: Todo trabajador que se incorpora a una empresa donde se labora con sustancias tóxicas debe realizarse análisis, orientados por el médico y la enfermera de dicha empresa. El objetivo de estos exámenes pre-empleo es precisamente detectar si el trabajador es susceptible a las sustancias tóxicas con las cuales va a trabajar, para tomar las medidas de protección en caso de que fuese aceptado. Por ejemplo una persona que haya padecido tuberculosis pulmonar no puede trabajar en una empresa donde se labore con polvo de sílice (SiO_2), este es el caso de la empresa del vidrio.

- b) Una vez aceptado el trabajador en el empleo, se realizarán exámenes periódicos con el fin de observar si el uso continuo de la sustancia tóxica le provoca algún efecto a largo plazo. (efecto crónico). Ejemplo de este caso se evidencia en los trabajadores de la Central Termoeléctrica "Antonio Guiteras" de la ciudad de Matanzas, los cuales se realizan un chequeo periódico (cada 6 meses) en una clínica del MINBAS, situada en Guanabo, Provincia Ciudad de La Habana.
- c) Educación Ambiental. Es necesario que todos los trabajadores de una empresa que maneje sustancias tóxicas y residuos peligrosos conozcan de los daños potenciales a que están expuestos, eso es responsabilidad del Capacitador de la empresa. solicitar el curso al personal competente, para que sus trabajadores tengan la preparación necesaria para enfrentar accidentes laborales y desastres tecnológicos
- d) A la enfermera le corresponde llevar un control estricto de cada trabajador y de los chequeos a que ha sido sometido, lo cual supervisará el médico de la empresa.

II. Control de Ingeniería:

En esta categoría son incluidos los procedimientos que se emplean para controlar y minimizar los efectos de las sustancias tóxicas del ambiente laboral. Las medidas de control de ingeniería más importantes son:

- a) Sustitución en el proceso tecnológico de sustancias tóxicas por aquellas menos tóxicas siempre que sea posible. Por ejemplo uso de ciertas cetonas en lugar de benceno y el uso de acero shot en lugar de sílica sand en lo que se conoce como sand-blasting.
- b) Hermeticidad del proceso: En la industria química lograr la hermeticidad del proceso es trabajar en sistemas cerrados, esto debe tenerse en cuenta en el diseño del mismo.
- c) Segregación de las corrientes: Esta medida implica desviar y confinar la corriente potencialmente peligrosa o hermetizar el área del proceso para evitar la contaminación de los espacios adyacentes. En algunas situaciones la segregación puede estar acompañada por la localización del proceso.

- d) Ventilación: Es quizás la medida más importante del control de ingeniería. La ventilación puede ser general o local. **La ventilación general** consiste en una dilución rápida del aire contaminado, usualmente con aire fresco por ventiladores colocados en las ventanas o techos del área de trabajo. Los ventiladores entregan aire fresco y extraen el aire contaminado, lo que crea un vacío parcial que permite precisamente la entrada de aire fresco. **La ventilación local** consiste en colocar extractores de aire en un punto donde potencialmente se generan polvos, humos, vapores aerosoles o gases. Esto permite remover los contaminantes con pequeñas cantidades de aire y prevenir la contaminación de las áreas laborales adyacentes. La colección y disposición de los contaminantes removidos por ventilación local es en algunas ocasiones el principal problema de ingeniería. En algunos procesos donde se encuentran involucradas sustancias químicas volátiles es común la práctica de instalar un sistema para recuperar estas sustancias como parte del equipamiento de ventilación, esto por supuesto incrementa los costos de instalación y operación del sistema de ventilación.
- e) Humedecimiento o lavado: El uso de agua limita la dispersión de los contaminantes atmosféricos, su mayor aplicación se presenta cuando se generan polvos.
- f) Neutralización o desactivación de la sustancia química, es cuando se somete el área de trabajo a una exhaustiva ventilación y limpieza con el fin de remover totalmente el contaminante originado.
- g) El mantenimiento de todas las medidas de control, así como de la limpieza del área de trabajo es quizás uno de los aspectos más importantes en el control de ingeniería, sobre todo cuando hay presencia de polvos.

Por lo que todo lo anterior requiere de un programa de control y mantenimiento del ambiente laboral. Es lo que se conoce hoy día como mantenimiento preventivo planificado, además de someter este ambiente a análisis periódicos para chequear el cumplimiento de las normas de concentraciones máximas admisibles de las sustancias originadas en el proceso.

Tratamiento de emergencia por envenenamiento agudo

El envenenamiento agudo es el que se presenta cuando entran al organismo humano grandes dosis o concentraciones de la sustancia tóxica a través de una o más de las tres vías de penetración:

- a. Inhalación.
- b. Ingestión
- c. Absorción a través de la piel.

Es obvio que la ruta de entrada ejerce una influencia decisiva en el tipo de tratamiento de emergencia que se va a aplicar. En todos los casos el envenenamiento agudo requiere de la asistencia médica inmediata, así como de los servicios de la defensa civil.

En todas las industrias por pequeñas que sean, se necesita de un personal entrenado para socorrer este tipo de emergencia, es lo que se conoce como ESPECIALISTA EN HIGIENE DEL TRABAJO. Y lo que ya se apuntó sobre el médico y enfermera laboral.

DROGAS

Droga: Toda sustancia que introducida en un organismo vivo, pueda modificar una o varias funciones.

Droga de abuso: Sustancia de uso generalmente no médico con efectos psicoactivos (capacidad de producir cambios en la percepción, estado anímico, conciencia y en el comportamiento) y susceptible de ser autoadministrada.

Condiciones de una sustancia para ser considerada droga de abuso.

- Carácter psicotropo o psicoactivo.
- Inducen a las personas a repetir su autoadministración por el placer que generan (acción reforzadora positiva).
- El cese de su consumo pueda provocar malestar somático y/o psíquico (dependencia física y/o psíquica).
- No tener indicaciones médicas y si la tienen poder usarse con fines no terapéuticos.
- Nocividad social (familiar, laboral y personal).

Clasificación de las drogas

Según el estado legal: Lícitas e ilícitas.

Según el uso médico.

Según el poder esclavizante: Duras y blandas (términos en desuso, no expresan el riesgo o peligro).

Según los efectos sobre Sistema Nervioso Central:

- ❖ Psicoestimulantes (cocaína, anfetaminas y otras)
- ❖ Psicodpresoras (alcohol, opiáceos, sedantes y otras).
- ❖ Alucinógenas (marihuana, LSD, parkinsonil, anfetaminas de síntesis, campana, ketamina y otras).

Drogodependencia: Estado de intoxicación periódica o crónica producida por el consumo repetido de una droga natural o sintética y caracterizado por:

- 1) Deseo dominante de continuar consumiendo la droga y obtenerla por cualquier medio.
- 2) Tendencia a incrementar la dosis.
- 3) Dependencia física y/o psíquica con síndrome de abstinencia por retirada de la misma.
- 4) Efectos nocivos para el individuo y la sociedad.

1.- Dependencia física (neuroadaptación):

Necesidad de mantener determinados niveles de una droga en el organismo. Tiene dos componentes: Tolerancia y síndrome de abstinencia aguda.

Ej: Sustancias depresógenas (alcohol, opiáceos, hipnóticos y sedantes).

Tolerancia: Necesidad de cantidades crecientes de una sustancia en busca del efecto deseado o disminución del efecto ante una misma dosis.

Síndrome de abstinencia aguda:

Manifestaciones clínicas, psíquicas o físicas que se producen por el cese de la administración de una droga, son de gravedad y perfil variables, desaparecen con la administración de la droga o sustitutas que amortigüen el vacío en los neuroreceptores.

2.-Dependencia psíquica:

Deseo irresistible o anhelo de repetir la administración de una droga para obtener la vivencia de sus efectos agradables, placenteros y/o evasivos o para evitar el malestar psíquico que se siente con su ausencia. Ej. sustancias psicoestimulantes (anfetaminas, cocaína, nicotina) y alucinógenos.

3.- Dependencia social.

Formas de consumo de drogas.

Experimental: Consumo fortuito. Patrón de inicio de muchas drogas.

Ocasional: Consumo intermitente con fines bien determinados. Se discrimina qué droga se prefiere y dónde usarla. Riesgo de desarrollar dependencia.

Habitual: Consumo diario, doble propósito con su uso (evitar abstinencia y mantener rendimiento), alteraciones del comportamiento menores, dedica gran parte del tiempo a pensar, buscar y a administrarse la droga.

Compulsivo: Consumo intenso, varias veces al día, graves trastornos del comportamiento, grandes peligros para la salud y la sociedad.

ETAPAS DE LA ADICCIÓN:

- Enamoramiento (Euforia y tranquilidad).
- Luna de miel (Muchas gratificaciones y mínimos efectos negativos).
- Traición (Alta nocividad, deterioro individual y social).
- En la ruina (Alta tolerancia, abstinencia notable, negación del problema).
- Aprisionados (Destrucción individual, familiar y social. "ESCLAVO DE LA DROGA")

Vías de administración de las drogas.

- Oral (ingestión, mascada o sublingual). Ej.: anfetaminas, LSD, barbitúricos y otras.
- Pulmonar (inhalada o fumada) Ej: Nicotina, cannabis, crack.
- Nasal (esnifada) Ej: Cocaína.
- Rectal o genital Ej: Cocaína y heroína.
- Parenteral (ev, subcutánea o im) Ej: Heroína y cocaína.

Consecuencias del consumo de drogas.

- Reacciones antisociales.
- Síndrome de déficit de actividad.
- Inmunodepresión e infecciones.
- Escalada.
- Efectos tóxicos específicos.
- Trastornos mentales inducidos.
- Dependencia física y psíquica.
- Síndrome de abstinencia.
- Sobredosificación.

Ultimas tendencias

- ✓ Policonsumo.
- ✓ Aparición en personas más jóvenes.
- ✓ Promoción y/o tendencia al consumo de drogas limpias (oral, inhalada).
- ✓ Aparición de nuevas drogas.
- ✓ Nuevas patologías y/o consecuencias del abuso de drogas.
- ✓ Incremento en el número de portadores humanos de drogas.

RESIDUOS TÓXICOS:

- DEFINICIÓN: Comprenden sólidos, lodos, líquidos o gases envasados distintos a los radiactivos e infecciosos los cuales debido a su actividad química, tóxica, explosiva, corrosiva o a otras características, son fuente eventual de peligro para la salud o para el medio ambiente, de modo individual o en contacto con otros residuos.

CLASIFICACIÓN:

- Un residuo se clasifica como tóxico o peligroso por las pruebas de laboratorio o por su sospechoso potencial para desarrollar características peligrosas.

También la clasificación puede estar basada en el grado de toxicidad.

GENERACIÓN:

- Industrias.
- Hospitales.
- Domésticos.
- Agricultura

GESTIÓN:

- Reducción en el origen.
- Reciclaje.
- Tratamiento.
- Eliminación.

Tecnologías que pueden ser utilizadas en el reciclado y tratamiento de residuos peligrosos.

- Físico-químicos.
- Biológicos.
- Térmicos.
- Estabilización y solidificación.
- Disposición en el terreno.

PLAN DE MANEJO

- Identificación.
- Auditoria ambiental.
- Prevención de la contaminación. (minimización en la fuente).
- Tratamiento y Eliminación.

¿Qué se está haciendo en Cuba para la gestión de los residuos tóxicos?

Orientaciones del CITMA:

- Elaboración de un inventario nacional de productos químicos ociosos y caducados.
- Elaboración de inventarios específicos de productos químicos incluidos en el **Convenio de Estocolmo**.

¿Qué es el Convenio de Estocolmo?

- Un acuerdo internacional, jurídicamente vinculante, cuyo objetivo principal, consiste en proteger la salud humana y el medio ambiente de los efectos negativos generados por los Contaminantes Orgánicos Persistentes (COP_s).

¿Cuáles son los productos químicos incluidos en el Convenio de Estocolmo?

- 1) Bifenilos policlorados.
- 2) Plaguicidas.
- 3) Compuestos orgánicos persistentes.
- 4) Dioxinas y furanos.

1) ***Los bifenilos policlorados o PCB (siglas en inglés)*** son un grupo de productos químicos orgánicos, cuya resistencia térmica y estabilidad química, han determinado su utilización en diversas aplicaciones industriales por motivos de seguridad, duración u operación. En teoría existen 209 formas posibles de PCB, de los cuales unos 130 pueden encontrarse en mezclas de productos comerciales.

Aunque las propiedades y características particulares de los PCB, les ha ofrecido ventajas desde el punto de vista de su uso comercial, su utilización también ha originado un importante problema ambiental y de salud.

- Figuran entre los contaminantes ambientales más difundidos. Se han detectado en la atmósfera, aguas superficiales y subterráneas, suelos y alimentos.
- Se bioacumulan en los tejidos grasos de los animales y seres humanos.
- La exposición aguda se ha asociado a erupciones cutáneas, quemaduras, irritación en los ojos, cambios pigmentarios de la piel y uñas, trastornos de la función hepática y del sistema inmunológico, irritación del tracto respiratorio, cefaleas, mareos, depresión, nerviosismo, fatiga e impotencia.
- Entre los efectos crónicos figuran trastornos hepáticos efectos sobre la reproducción y el desarrollo y posiblemente cáncer.

2) **PLAGUICIDAS**

- Definición: Cualquier sustancia o mezcla de sustancias destinadas a prevenir, destruir y controlar cualquier plaga.
- Existen plaguicidas con características de Compuestos Orgánicos Persistentes (COP_s).
- Estos plaguicidas son: Aldrín, Clordano, DDT, Dieldrin, Endrín, Heptacloro, Hexclorobenceno, Mirex y Toxafeno
- Todos los plaguicidas son tóxicos para ciertos o para todos los organismos vivos.
- Los seres humanos, los insectos útiles y otras especies de la fauna silvestre pueden enfermarse o morir a causa de la exposición a plaguicidas, aunque sea en pequeñas cantidades.
- Los plaguicidas clasificados como COP_s causan daños a los sistemas inmunológico y reproductivo de los seres humanos y algunos de estos son cancerígenos para la especie humana.

3) **Compuestos Orgánicos Persistentes (COP_s).**

- Son compuestos basados en el elemento carbono.
- De origen natural y antropogénico.
- Resistentes a la degradación en el medio ambiente.
- Baja solubilidad en agua y elevada liposolubilidad.
- Elevado potencial de transporte.

¿Por qué son de interés los COP_s?

- Tóxicos para los seres humanos y la vida silvestre.
- Resistentes a la degradación en el medio ambiente.
- Bioacumulables en los tejidos grasos de los organismos vivos.
- Presencia en los diferentes compartimentos ambientales (agua, suelo y aire).
- Elevada movilidad y distribución a nivel global y regional.
- Liberación sostenida.

LOS 12 COP_s INCLUIDOS EN EL CONVENIO DE ESTOCOLMO:**Plaguicidas:**

- 1) Aldrín,
- 2) Clordano,
- 3) DDT,
- 4) Dieldrin,
- 5) Endrín,
- 6) Heptacloro,
- 7) Hexclorobenceno,
- 8) Mirex y
- 9) Toxafeno
- 10) Hexclorobenceno,
- 11) Bifenilos policlorados (PCB),
- 12) Dioxinas y Furanos.

4) DIOXINAS Y FURANOS

- Son compuestos orgánicos de origen antropogénico que tienen como principales características su elevada solubilidad en grasas y su resistencia a la degradación.
- Los mismos se forman como productos secundarios no intencionales en una gran variedad de actividades y procesos industriales como son: incineración de desechos, producción de metales y productos minerales, generación de energía y procesos de combustión incontrolada.

Efectos sobre la salud y el medio ambiente:

- Se acumulan en los tejidos grasos de los seres vivos.
- Se acumulan en el suelo y sedimentos.
- La exposición a las dioxinas produce graves lesiones cutáneas, alteraciones de la función hepática y del metabolismo.
- Pérdida de peso.
- Depresión del sistema inmunológico.
- Anormalidades en los sistemas endocrino y nervioso.

Otros aspectos de interés sobre las sustancias tóxicas. El azufre y sus compuestos.

DIOXIDO DE AZUFRE

El desarrollo industrial, principalmente la metalurgia y el incremento continuo en pagina 28lp fabricación de automóviles de combustión interna generan contaminantes peligrosos para la vida como: óxidos de azufre que mediante otras reacciones químicas se transforman en ácido sulfúrico, óxidos de nitrógeno que se transforma en ácido nítrico, además de aldehídos, ácido sulfhídrico, ácido fluorhídrico, arsénico y algunos derivados de metales como el plomo, el zinc, el mercurio, el cadmio y el cobre.

La palabra smog se deriva del inglés smog (humo) y fog (niebla) y se refiere a un tipo de contaminación visible, que es una mezcla de humos (y otros productos de la combustión del carbón o del petróleo que contienen azufre) con el vapor de agua del aire. En 1952, en Londres, Inglaterra, el smog con óxidos de azufre y partículas de hollín estuvo muy concentrado y debido a las condiciones estáticas de la atmósfera (inversión térmica) que en 5 días provocó la muerte de alrededor de 4000 personas.

El SO_2 es un gas que pertenece a la familia de los gases de óxidos de azufre (SO_x), que se producen principalmente de la combustión de compuestos que contienen azufre -carbón y aceite- y durante ciertos procesos industriales y en la producción de acero. Este gas incoloro y con sabor ácido picante, es percibido por el olfato en concentraciones hasta de 3 ppm (0.003%) a 5 ppm (0.005%). Cuando se encuentra en niveles de 1 a 10 ppm induce al aumento de la frecuencia respiratoria y el pulso.

Cuando alcanza las 20 ppm produce una fuerte irritación en ojos, nariz, garganta, incrementa la crisis asmática y recruce las alergias respiratorias. Si la concentración y el tiempo de exposición aumentan, se producen afecciones respiratorias severas. Una exposición a 400 - 500 ppm, aunque sea corta, puede resultar fatal para el organismo al producir y agravar ciertos padecimientos cardiovasculares.

A diferencia del CO y de los óxidos de nitrógeno, que pueden permanecer alrededor de 3 años en la atmósfera, los óxidos de azufre sólo tienen un período de residencia de 3 ó 4 días en la atmósfera, sin embargo, sus efectos contaminantes son muy importantes.

El dióxido de azufre, de la misma manera que los óxidos de nitrógeno, son causa directa de la lluvia ácida cuyos efectos son muy importantes tanto en las grandes ciudades acelerando la corrosión de edificios y monumentos, reduciendo significativamente la visibilidad como en el campo, produciendo la acidez de lagos, ríos y suelos.

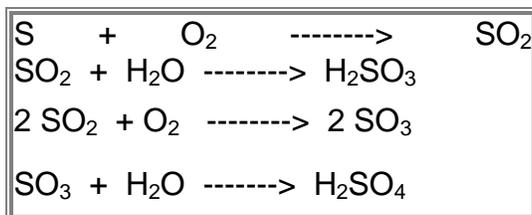


lesiones producidas por óxidos de azufre en una hoja de manzano

El trióxido de azufre, SO_3 , es un agente deshidratante poderosísimo, se obtiene por oxidación del anhídrido sulfuroso, SO_2 . Por calentamiento de ácido sulfúrico se desprende SO_3 . El anhídrido sulfúrico cristaliza en agujas

prismáticas, tiene un punto normal de fusión de 16.8°C y un punto normal de ebullición de 44.88°C

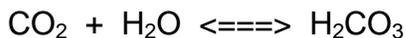
En condiciones adecuadas el azufre reacciona con el oxígeno del aire produciendo dióxido de azufre (SO₂, gas denso, incoloro con olor a azufre quemado, es muy tóxico. Es un agente muy reductor y soluble en agua.), el cual por otra oxidación produce el anhídrido sulfúrico o trióxido de azufre (SO₃) y éste puede reaccionar con el vapor de agua del aire produciendo ácido sulfúrico. Estos procesos se representan mediante las siguientes ecuaciones químicas:



El ácido sulfúrico es muy tóxico para todos los seres vivos. También daña a los edificios y monumentos, por ejemplo, al reaccionar con el carbonato de calcio (mármol) lo destruye produciendo bióxido de carbono, agua y sulfato de calcio, proceso que se representa mediante la ecuación química:



Al reaccionar el bióxido de carbono con el agua produce otro ácido que es débil, el ácido carbónico cuya reacción se representa mediante la ecuación química:



En Estados Unidos y algunos países de Europa han encontrado que la tasa de mortalidad por bronquitis crónica está asociada con la cantidad y el tiempo de exposición con contaminantes como el bióxido de azufre.

Las emisiones de SO₂ producen lesiones en el follaje y fruto de árboles y plantas, en selvas, bosques y áreas de cultivo porque altera la fotosíntesis. Su efecto se conoce como *lluvia ácida*.

Las erupciones volcánicas son una fuente importante de contaminación, ya que sus emisiones arrojan a la atmósfera toneladas de cenizas y vapores que afectan amplias zonas a la redonda.

Son muy conocidas en la historia del hombre, las consecuencias que una gran erupción volcánica puede tener. Todo mundo sabe como la historia de las ciudades de Pompeya y Herculano en Italia, se vieron afectadas por la erupción del Vesubio en el primer siglo de nuestra era, o la gran erupción del Krakatoa en Java, o la erupción del Pinatubo o el Chimborazo en Centroamérica.

Una erupción volcánica es una fuente importante de contaminación, puede ir desde la emisión de grandes cantidades de partículas y gases hasta la generación de importantes movimientos telúricos y la emisión de grandes

cantidades de roca líquida o lava. Las consecuencias de una erupción son impredecibles y sus efectos se mantienen presentes por mucho tiempo.

Las nubes de partículas pueden permanecer en la atmósfera y ser transportadas por los vientos, a lugares lejanos de la erupción. Su densidad puede impedir la penetración de los rayos solares, influyendo de esta forma tanto en la luminosidad a nivel del suelo, como en la disminución drástica de la temperatura de vastas regiones. Efectos que influyen directamente en el clima y en el desarrollo de la flora y la fauna.

En tiempos recientes, este fenómeno ha sido especialmente importante en México. A partir del 21 de diciembre de 1994, el *volcán Popocatepetl*, que por muchos años había permanecido inactivo, ha venido presentando una serie de erupciones que envían de manera intermitente desde ese día, fragmentos cuyo tamaño ha llegado hasta los 40 cm y la emisión de cenizas que cubren un amplio radio alrededor del volcán. Las cenizas han sido detectadas en los estados de Puebla, Morelos, México y en la zona metropolitana de la Ciudad de México.

De igual forma, el volcán de Colima se ha activado, aunque en menor escala, en estos último tiempos. Ambos volcanes son observados permanentemente desde 1994 y constantemente son monitoreados por diferentes organizaciones. Una de ellas es el *CENAPRED* del Instituto de Geología de la UNAM, donde puedes obtener los datos que se tienen al momento conectándote a <http://www.cenapred.unam.mx>.

Si te interesa tener una imagen global de lo que sucede con los SO_x y su relación con la actividad volcánica puedes conectarte a: *TOMS*, de la NASA cuya página es <http://jwocky.gsfc.nasa.gov> (Atmospheric Chemistry & Dynamics Branch- Toms volcanica sulfur dioxide and ash home page)

AZUFRE

Nombre

Azufre

Número atómico

16

Valencia

+2,2,4,6

Estado de oxidación

-2

Electronegatividad

2,5

Radio covalente (Å)

1,02

Radio iónico (Å)

1,84

Radio atómico (Å)

1,27

Configuración electrónica

 $[\text{Ne}]3s^23p^4$

Primer potencial de ionización (eV)

10,36

Masa atómica (g/mol)

32,064



Densidad (g/ml)

2,07

Punto de ebullición (°C)

444,6

Punto de fusión (°C)

119,0

Descubridor

Los antiguos

Azufre

Elemento químico, S, de número atómico 16. Los isótopos estables conocidos y sus porcentajes aproximados de abundancia en el azufre natural son éstos: ^{32}S (95.1%); ^{33}S (0.74%); ^{34}S (4.2%) y ^{36}S (0.016%). La proporción del azufre en la corteza terrestre es de 0.03-0.1%. Con frecuencia se encuentra como elemento libre cerca de las regiones volcánicas (depósitos impuros).

Propiedades: Los alótropos del azufre (diferentes formas cristalinas) han sido estudiados ampliamente, pero hasta ahora las diversas modificaciones en las cuales existen para cada estado (gas, líquido y sólido) del azufre elemental no se han dilucidado por completo.

El azufre rómbico, llamado también azufre y azufre alfa, es la modificación estable del elemento por debajo de los 95.5°C (204°F, el punto de transición), y la mayor parte de las otras formas se revierten a esta modificación si se las deja permanecer por debajo de esta temperatura. El azufre rómbico es de color amarillo limón, insoluble en agua, ligeramente soluble en alcohol etílico, éter dietílico y benceno, y es muy soluble en disulfuro de carbono. Su densidad es 2.07 g/cm³ (1.19 oz/in³) y su dureza es de 2.5 en la escala de Mohs. Su fórmula molecular es S₈.

El azufre monoclinico, llamado también azufre prismático y azufre beta, es la modificación estable del elemento por encima de la temperatura de transición y por debajo del punto de fusión.

El azufre fundido se cristaliza en prismas en forma de agujas que son casi incoloras. Tiene una densidad de 1.96 g/cm³ (1.13 oz/in³) y un punto de fusión de 119.0°C (246.7°F). Su fórmula molecular también es S₈.

El azufre plástico, denominado también azufre gamma, se produce cuando el azufre fundido en el punto de ebullición normal o cerca de él es enfriado al estado sólido. Esta forma es amorfa y es sólo

parcialmente soluble en disulfuro de carbono.

El azufre líquido posee la propiedad notable de aumentar su viscosidad si sube la temperatura. Su color cambia a negro rojizo oscuro cuando su viscosidad aumenta, y el oscurecimiento del color y la viscosidad logran su máximo a 200°C (392°F). Por encima de esta temperatura, el color se aclara y la viscosidad disminuye.

En el punto normal de ebullición del elemento (444.60°C u 832.28°F) el azufre gaseoso presenta un color amarillo naranja. Cuando la temperatura aumenta, el color se torna rojo profundo y después se aclara, aproximadamente a 650° (202°F), y adquiere un color amarillo paja.

El azufre es un elemento activo que se combina directamente con la mayor parte de los elementos conocidos. Puede existir tanto en estados de oxidación positivos como negativos, y puede formar compuestos iónicos así como covalentes y covalentes coordinados. Sus empleos se limitan principalmente a la producción de compuestos de azufre. Sin embargo, grandes cantidades de azufre elemental se utilizan en la vulcanización del caucho, en atomizadores con azufre para combatir parásitos de las plantas, en la manufactura de fertilizantes artificiales y en ciertos tipos de cementos y aislantes eléctricos, en algunos ungüentos y medicinas y en la manufactura de pólvora y fósforos. Los compuestos de azufre se emplean en la manufactura de productos químicos, textiles, jabones, fertilizantes, pieles, plásticos, refrigerantes, agentes blanqueadores, drogas, tintes, pinturas, papel y otros productos.

Compuestos principales: El sulfuro de hidrógeno (H_2S) es el compuesto más importante que contiene sólo hidrógeno y azufre. Es un gas incoloro que tiene un olor fétido (semejante al de los huevos podridos) y es muchísimo más venenoso que el monóxido de carbono, pero se advierte su presencia (por su olor) antes de que alcance concentraciones peligrosas.

Los sulfuros metálicos pueden clasificarse en tres categorías: sulfuros ácidos (hidrosulfuros, MHS , donde M es igual a un ion metálico univalente), sulfuros normales (M_2S) y polisulfuros (M_2S_3). Otros sulfuros son los compuestos de carbono-azufre y los compuestos que contienen enlaces carbono-azufre. Algunos compuestos importantes son: disulfuro de carbono, CS_2 , líquido que es un disolvente excelente del azufre y del fósforo elemental; monosulfuro de carbono, CS , gas inestable formado por el paso de una descarga eléctrica a través del disulfuro de carbono; y oxisulfuro de carbono, SCO , constituido por monóxido de carbono y azufre libre a una temperatura elevada.

Los compuestos de nitrógeno-azufre que han sido caracterizados son el nitruro de azufre, N_4S_4 (llamado también tetrasulfuro de tetranitrógeno), disulfuro de nitrógeno, NS_2 , y el pentasulfuro de nitrógeno, N_2S_5 , que pueden ser denominados más propiamente nitruros debido a la gran electronegatividad del nitrógeno, aunque en la literatura se les llama casi siempre sulfuros.

Los compuestos de fósforo-azufre que se han caracterizado son P_4S_3 , P_4S_5 , P_4S_7 y P_4S_{10} . Los cuatro son materiales cristalinos, amarillos y se utilizan en la conversión de compuestos orgánicos oxidados (por ejemplo, alcoholes) en los correspondientes análogos de azufre.

Los óxidos de azufre que han sido caracterizados tienen las fórmulas SO , S_2O_3 , SO_2 , SO_3 , S_2O_7 y SO_4 . El dióxido de azufre, SO_2 , y el trióxido de azufre, SO_3 , son de mayor importancia que los otros. El dióxido de azufre puede actuar como agente oxidante y como agente reductor. Reacciona con el agua para producir una solución ácida (llamada ácido sulfuroso), iones bisulfito (HSO_3^-) y sulfito (SO_3^{2-}). El dióxido de azufre se emplea como gas refrigerante como desinfectante y conservador, así como agente blanqueador, y en el refinado de productos de petróleo. Sin embargo, su uso principal está en la manufactura de trióxido de azufre y ácido sulfúrico. El trióxido de azufre se utiliza principalmente en la preparación del ácido sulfúrico y ácidos sulfónicos.

Aunque se conocen sales (o ésteres) de todos los oxiácidos, en muchos casos el ácido mismo no ha sido aislado a causa de su inestabilidad. El ácido sulfuroso no se conoce como sustancia pura. El ácido sulfúrico (H_2SO_4) es un líquido viscoso, incoloro, con un punto de fusión de 10.31°C (50.56°F). Es un ácido fuerte en agua y reacciona con la mayor parte de los metales tanto diluido como concentrado. El ácido concentrado es un poderoso agente oxidante, especialmente a temperaturas elevadas. El ácido piro-sulfúrico ($\text{H}_2\text{S}_2\text{O}_7$) es un excelente agente sulfonante y pierde trióxido de azufre cuando se calienta. También reacciona vigorosamente con agua, liberando gran cantidad de calor. Se conocen los ácidos persulfúricos (el ácido peroximonosulfúrico, H_2SO_5 , llamado ácido de Caro, y el ácido peroxidisulfúrico, $\text{H}_2\text{S}_2\text{O}_8$, llamado ácido de Marshall), así como las sales. Se conocen los ésteres y halógenos de ácidos sulfénicos. Los ácidos sulfínicos se forman por la reducción de los cloruros de ácido sulfónico con zinc o por la reacción con reactivos de Grignard sobre dióxido de azufre en solución etérea. Los ácidos sulfónicos (alquil) se preparan al oxidar mercaptanos (RSH) o sulfuros alquílicos con ácido nítrico concentrado, por el tratamiento de sulfitos con haluros de alquilo o por la oxidación de ácidos sulfínicos. Otros compuestos orgánicos importantes que contienen oxígeno-azufre incluyen los sulfóxidos, R_2SO (que pueden ser considerados como derivados del ácido sulfuroso), y las sulfonas, R_2SO_2 (del ácido sulfúrico).

Derivados halogenados importantes del ácido sulfúrico son los halogenuros orgánicos de sulfonilo y los ácidos halosulfónicos. Los compuestos de halógenos-azufre que han sido bien caracterizados son S_2F_2 (monosulfuro de azufre), SF_2 , SF_4 , SF_6 , S_2F_{10} , S_2Cl_2 (monocloruro de azufre), SCl_2 , SCl_4 y S_2Br_2 (monobromuro de azufre). Los cloruros de azufre se utilizan en la manufactura comercial del hule y los monocloruros, que son líquidos a la temperatura ambiente, se emplean también como disolventes para compuestos orgánicos, azufre, yodo y ciertos compuestos metálicos.

Efectos del Azufre sobre la salud

El azufre se puede encontrar frecuentemente en la naturaleza en forma de sulfuros. Durante diversos procesos se añaden al medio ambiente enlaces de azufre dañinos para los animales y los hombres. Estos enlaces de azufre dañinos también se forman en la naturaleza durante diversas reacciones, sobre todo cuando se han añadido sustancias que no están presentes de forma natural. Los compuestos del azufre presentan un olor desagradable y a menudo son altamente tóxicos. En general las sustancias sulfurosas pueden tener los siguientes efectos en la salud humana:

- Efectos neurológicos y cambios comportamentales
- Alteración de la circulación sanguínea
- Daños cardiacos
- Efectos en los ojos y en la vista
- Fallos reproductores
- Daños al sistema inmunitario
- Desórdenes estomacales y gastrointestinales
- Daños en las funciones del hígado y los riñones
- Defectos en la audición
- Alteraciones del metabolismo hormonal

- Efectos dermatológicos
- Asfixia y embolia pulmonar

Efectos ambientales del Azufre

El azufre puede encontrarse en el aire en varias formas diferentes. Puede provocar irritaciones en los ojos y garganta de los animales, cuando la toma tiene lugar a través de la inhalación del azufre en su fase gaseosa. El azufre se aplica extensivamente en las industrias y es emitido al aire, debido a las limitadas posibilidades de destrucción de los enlaces de azufre que se aplican.

Los efectos dañinos del azufre en los animales son principalmente daños cerebrales, a través de un malfuncionamiento del hipotálamo, y perjudicar el sistema nervioso.

Pruebas de laboratorio con animales de prueba han indicado que el azufre puede causar graves daños vasculares en las venas del cerebro, corazón y riñones. Estos tests también han indicado que ciertas formas del azufre pueden causar daños fetales y efectos congénitos. Las madres pueden incluso transmitirles envenenamiento por azufre a sus hijos a través de la leche materna.

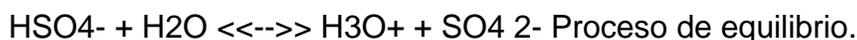
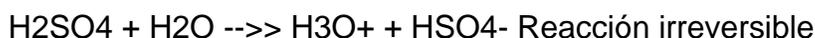
Por último, el azufre puede dañar los sistemas enzimáticos internos de los animales.

ÁCIDO SULFÚRICO

De entre los centenares de compuestos químicos inorgánicos es, sin duda, uno de los más conocidos y de los más popularmente temidos. Aparece en más de una película policíaca como disolvente demoníaco para destruir el cuerpo del delito. Se producen muchos miles de toneladas en el mundo anualmente y, de hecho, el nivel de producción de ácido sulfúrico de un país es indicativo de su desarrollo industrial. Esta aparente contradicción está sobradamente justificada por la multitud de aplicaciones de este compuesto.

El Ácido Sulfúrico (H₂SO₄) y Sus Propiedades Ácido-Base

El concepto de un **ácido** o una **base** se ha establecido a partir de diversos puntos de vista. De la forma más sencilla, se define a un ácido como un compuesto capaz de ceder protones (H⁺) al agua y a una base como una sustancia que cede iones OH⁻ al agua. El **ácido sulfúrico** es capaz de ceder los dos protones que tiene al agua. Sin embargo, el concepto de ácido o base es mucho más amplio. Según la definición de **Lewis**, que es la más general, un ácido es una sustancia que forma enlaces covalentes aportando orbitales electrónicos vacíos y la base es la sustancia que forma enlaces covalentes aportando pares electrónicos sin compartir. Esta definición es también aplicable al ácido sulfúrico, ya que los protones H⁺, son iones que necesariamente se enlazan sin poder aportar ningún electrón, puesto que no tienen. Para que un ácido actúe como tal, tiene que hacerlo con un compuesto que actúe como base. Éste es el caso del agua, que, teniendo doble carácter (ácido o base según con qué reaccione, por eso se dice que es anfótera), capta los protones que le cede el ácido sulfúrico, a partir de las reacciones (simplificadas):



El primer proceso es irreversible, ocurre en toda su extensión, mientras que el segundo ocurre en un determinado porcentaje, por eso se dice que es un proceso de equilibrio.

Otras Propiedades

El ácido sulfúrico industrial tiene una pureza del 98% y es un líquido transparente muy **denso** (d=1.8g/cc, casi el doble que el agua) y viscoso, por lo que se le conoce como aceite de vitriolo. Su punto de **ebullición** es bastante alto (290°C). Tiene una enorme afinidad por el agua, en la que se disuelve violentamente generando una gran cantidad de calor. Por tanto es un poderoso **deshidratante**, propiedad que se deja notar especialmente cuando entra en contacto con compuestos orgánicos o tejidos vivos, a los que extrae toda el agua, carbonizándolos. Una de las razones por la que el ácido sulfúrico es deshidratante es porque suele venir acompañado de una cantidad variable de su forma anhidra, SO₃, que tiende a reaccionar con agua para dar la forma hidratada H₂SO₄.

El ácido sulfúrico actúa también como oxidante de compuestos orgánicos e inorgánicos y puede hacerlo diluido o concentrado, a partir de las reacciones siguientes:

- Diluido: $nH^+ + M(\text{metal electropositivo}) = n/2 \cdot H_2 + Mn^+$
- Concentrado y caliente: $nH_2SO_4 + mM(\text{metal}) = n \cdot H_2O + n \cdot SO_2 + MmOn$

En la primera reacción el agente oxidante es el protón, H^+ , mientras que en la segunda reacción es el anión SO_4^{2-} el que actúa como agente oxidante.

Aplicaciones:

El ácido sulfúrico posee un sinnúmero de aplicaciones entre las que se pueden destacar las siguientes:

- Reactivo y medio disolvente para los procesos de síntesis orgánica.
- Disolvente de muestras tales como metales, óxidos metálicos y compuestos orgánicos.
- Fabricación de fertilizantes, pinturas, pigmentos y explosivos.
- En la industria textil se emplea para el proceso de blanqueo y la eliminación de impurezas metálicas en telas.
- Refinamiento del crudo de petróleo.
- Desarrollo de leucotinas y neutralización de tratamientos alcalinos.
- Electrólito (sustancia que se usa como fuente de iones) en pilas y baterías, muy comúnmente usado en las baterías de los automóviles.
- Agente desecante, principalmente de sustancias gaseosas, en los laboratorios de síntesis.
- Agente desatascador de tuberías de plástico de uso doméstico e industrial, por su capacidad para disolver impurezas de todo tipo.

Método de obtención.

La materia prima para la producción del ácido sulfúrico (Planta tipo de contacto), es el azufre en flor.

El proceso consiste en los siguientes pasos:

- 1) Fundir el azufre, con vapor (dentro de serpentines), para eliminarle la humedad y las impurezas y ser bombeado al quemador.
- 2) Quemar el azufre para formar el gas dióxido de azufre (SO_2).
- 3) Combinación del gas SO_2 con oxígeno (O_2), para formar al trióxido de azufre (SO_3).- Esto es en presencia del catalizador pentóxido de vanadio.
- 4) Combinar el trióxido de azufre con agua (H_2O) y para formar una solución conteniendo 98-99% de ácido sulfúrico (H_2SO_4).

Las reacciones químicas en una forma simplificada son las siguientes:

- 1) $S + O_2 \longrightarrow SO_2$
- 2) $SO_2 + O_2 \longrightarrow SO_3$
- 3) $SO_3 + H_2O \longrightarrow H_2SO_4$

La conversión de SO_2 a SO_3 se lleva a cabo en el convertidor, el cual tiene cuatro capas del catalizador pentóxido de vanadio (el cual no se afecta ni consume), el oxígeno para esta reacción proviene del exceso de oxígeno en el quemador y del aire que se le agrega para enfriar los gases que entran al tercer paso. Para lograr una buena conversión el operador tiene que tener un control exacto de las temperaturas en los cuatro pasos del convertidor.

El gas SO_3 que se ha formado en el convertidor, aunque sea enfriado adecuadamente no se combina directamente con el agua pero si puede combinarse indirectamente, absorbiendo el SO_3 en ácido de 98-99% en la torre de absorción. Bajo estas condiciones el SO_3 se une inmediatamente con el agua existente en el ácido.

Impacto ambiental y efectos en la salud.

Efectos en la Salud - se debe tener especial cuidado cuando se trabaje con ácido sulfúrico concentrado. Es necesario estar totalmente protegido con ropa de goma, cobertor para la cara, guantes y botas. Este ácido puede liberar dióxido de azufre gaseoso, cuyo nivel de toxicidad es bastante alto y al contacto con el cuerpo ocasiona graves quemaduras. El contacto reiterado con soluciones diluídas puede producir dermatitis, en tanto la inhalación prolongada o frecuente del vapor de ácido sulfúrico puede causar una inflamación del aparato respiratorio superior, que puede conllevar a una bronquitis crónica.

El ácido sulfúrico es un oxidante ácido muy potente que se inflama e incluso puede explotar en contacto con muchos materiales, entre ellos ácido acético, hidróxido de amonio, cal, glicol etileno y muchos otros compuestos. Cuando se le mezcla con agua produce una reacción bastante exotérmica. Para evitar el riesgo de una potencial explosión, no se deberá añadir agua al ácido concentrado. El ácido deberá ser agregado al agua.

Efectos Ambientales - el principal impacto ambiental del ácido sulfúrico es sobre el pH del agua. El rango de pH acuoso que no es del todo letal para los peces es de 5-9. Por debajo de un pH de 5.0 se produce una rápida disminución de las especies de peces y de la biota que los sustenta. El impacto ambiental secundario del ácido sulfúrico está en que su presencia que incrementa la toxicidad de otros contaminantes, tales como los sulfuros y los metales, a través de su disolución.

Se deberá neutralizar, a la brevedad posible, los derrames de ácido sulfúrico en el suelo. Es normal que una fracción significativa del ácido derramado en el suelo sea neutralizada por los constituyentes del propio suelo. Sin embargo y como medida precautoria, se deberá añadir cal para completar la neutralización.

Por lo general, el ácido sulfúrico es transportado en camiones cisterna y almacenado en instalaciones en la superficie para almacenamiento a granel. La concentración de ácido entregado se encuentra entre el 93 y 95 por ciento de H_2SO_4 , mientras las concentraciones excedan el 90 por ciento; puede utilizarse acero corriente para los materiales de construcción. Todas las instalaciones para productos a granel deberán contar con dispositivos de contención secundaria y estar construídos de material que no reaccione (y por lo tanto reduzca la fuerza del H_2SO_4) con el ácido. Se deberá desarrollar rocedimientos

especiales para la descarga del ácido para reducir al mínimo los posibles derrames y el riesgo de daños a los trabajadores.