

TOXICOLOGÍA

Nociones Generales

Pedro César Cantú Martínez

Coordinación General de Investigación, Facultad de Salud Pública y Nutrición (UANL)

E-mail: pcantu@ccr.dsi.uanl.mx

Introducción

El perjuicio del ambiente, comenzó desde que los primitivos hombres se apiñaron instituyendo clanes y recurrieron al fuego, y así ha continuado como una notable cuestión bajo los embates de una constante población abundante, y el saqueo de una colectividad cada vez más mecanizada e industrializada (1)

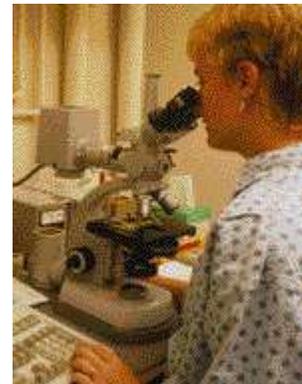
En la mitad del siglo pasado, se conoció un crecimiento de la manufactura química y con todo eso trajo aparejado, la inserción de la tecnología química en todas las secciones de la economía y en la vida diaria de la población.

En nuestros días, el hombre está elaborando diferentes sustancias químicas que no se encuentran concurrentes en el mundo y las está utilizando en las empresas y actividades agrícolas, y también en la medicina, y en una inusitada heterogeneidad de aplicaciones hogareñas. La Agencia para la Protección al Ambiente y la Organización Mundial de la Salud aceptan que existen aproximadamente 63,000 sustancias sintetizadas por el hombre de uso cotidiano, de las cuales 4,000 corresponden a fármacos, 5,000 a aditivos de alimentos, 10,000 para productos cosméticos, 10,000 se utilizan en productos de uso doméstico, 5,000 son de uso textil, 1,500 obedecen a la elaboración de plaguicidas y 9,000 a otros menesteres. (2)

Es de admitir y ratificar que el empleo correcto de estas sustancias ha expandido la calidad de la vida de millones de personas en el mundo. No obstante, el menoscabo del ambiente, por sustancias químicas ha originado un comprometido perjuicio de la salud humana y una formidable avería al ecosistema.

Bastantes de estos latentes riesgos para el hombre y su ambiente, han sido revelados, pero otros pueden producirse hasta después de un importante lapso de tiempo. Por esta razón, es de trascendental interés que si los riesgos y peligros para el hombre superan los beneficios que puedan otorgarnos estas sustancias químicas, entonces su uso debe ser examinado e imparcialmente valorado y reglamentado. (3)

Conforme a lo anterior la ciencia de la toxicología se yergue como el instrumento que nos permite obtener información útil e interesante para conocer los alcances y efectos de estos contaminantes químicos y sustancias tóxicas en el ambiente y en los seres vivos.



Definición y ámbito de la toxicología

La toxicología puede ser definida como la ciencia de los venenos o de las sustancias tóxicas, sus efectos, antidotos y detección; o bien como señala la Organización Mundial de la Salud "*disciplina que estudia los efectos nocivos de los agentes químicos y de los agentes físicos (agentes tóxicos) en los sistemas biológicos y que establece además, la magnitud del daño en función de la exposición de los organismos vivos a dichos agentes. Se ocupa de la naturaleza y de los mecanismos de las lesiones y de la evaluación de los diversos cambios biológicos producidos por los agentes nocivos*".⁽⁴⁾

El fenómeno de incremento en el uso de sustancias químicas para muchos propósitos, y en lo que concierne, a la presencia de contaminantes químicos y tóxicas en el aire, agua, alimentos y otras partes del ambiente, han motivado que esta rama del conocimiento pueda ser subdividida dentro de las siguientes áreas⁽⁵⁾:

Toxicología forense

Esta área se especializa en el conocimiento de la toxicología que apoya al rubro de la patología y medicina forense para establecer las causas de muerte, para propósitos medico legales en incidentes en los cuales se sospecha que un crimen haya ocurrido.

Toxicología clínica

Estudia los efectos esperados o inusuales de una droga terapéutica que se aplica en pacientes; donde se observa la condición de estos y el progreso que tienen estas sustancias en el tratamiento de padecimientos o enfermedades.

Toxicología ocupacional

En la última mitad del siglo diecinueve y durante el siglo pasado, el conocimiento de los efectos de la actividad laboral en ciertas industrias incurrieron en la manifestación de serias enfermedades y decesos ocasionados por la exposición a químicos peligrosos y agentes tóxicos bajo condiciones inseguras de trabajo; este es el campo de acción de la toxicología ocupacional, cuya disciplina aborda el estudio de los efectos nocivos sobre la salud del trabajador producidos por los contaminantes del ambiente de laboral.

Toxicología ambiental

La toxicología ambiental es aquella que concierne con el efectos dañinos de las sustancias químicas o agentes tóxicos que están presentes en el aire, agua, suelo, alimentos u otros factores ambientales y a los cuales están expuestos el hombre, animales domésticos, peces, vida silvestre y otros elementos de la biota. Es decir se aboca al estudio de los efectos adversos de los agentes ambientales sobre los organismos vivos.

Antecedentes

El hombre con su trabajo transforma la naturaleza y al hacerlo se transforma a sí mismo. Así utiliza los recursos para obtener productos que no siempre son benéficos, y los sistemas de distribución masiva con los que cuenta aseguran ahora que cualquier incidente de toxicidad probablemente afecte a gran cantidad de individuos en un área muy extensa.

En una retrospectiva histórica podemos señalar con denuedo los envenenamientos masivos que durante el siglo pasado ocurrieron y que son muestra de los efectos y manipulación de una gran cantidad de sustancias tóxicas existentes en el ambiente. En 1930, se registra como la primera tragedia causada por la contaminación atmosférica que provocó 60 muertos y miles de enfermos en Mosa (Bélgica). A fines de la década de los 40's la mitad de la población de Donora (Pensilvania, EUA) enfermó y hubo por lo menos 20 víctimas ocasionado por este mismo hecho. En esta misma década se detectó por primera vez en Japón una enfermedad denominada "Itai Itai" de naturaleza reumática en 44 pacientes por exposición al cadmio. ([6 y 7](#))

En la década de los 50's se presentaron varios sucesos, en Marruecos, la adulteración de aceite de olivo con petróleo que contenía triortocresil-fosfato produjo diversos grados de parálisis por desmielización en 10,000 personas; en Londres (Inglaterra) se produjeron 4,000 muertes por efecto de la contaminación del aire, suceso que se conoció como "la niebla mortal"; en Minimata (Japón), una fabrica que vertió desechos que contenían dimetilmercurio a un afluente que fluía a una bahía, provoco la contaminación de las fuentes primarias de alimentos (peces, moluscos y crustáceos) de los pobladores que vivían a lo largo de la bahía; conllevando que estos sufrieran afecciones neurológicas de carácter teratogénicos. ([8, 9 y 10](#)).

Este último evento, fue el primero que se conoció por la contaminación química de las descargas de aguas residuales industriales, además se le denominó como la "enfermedad de Minimata". La cual también se presento de manera recurrente en la década de los 60's en Paquistán y Guatemala y en Iraq (1971 y 1972) provocando un envenenamiento masivo por el consumo de pan, hecho con granos que habían sido tratados con metilmercurio como fungicida. ([11 y 12](#))

Y más recientemente, por lo acaecido en el accidente de la planta nuclear de Chernobyl, (Rusia) en 1986, que coloca en alto riesgo, en una proyección a futuro, la continuidad de la permanencia de la salud de la población europea. ([13](#))

Nuestro país México, no podía estar exime ante estos eventos, así se tienen antecedentes de lo ocurrido en 1950 en Poza Rica (Veracruz) cuando un escape de ácido sulfhídrico de una industria, provocó que cientos de personas enfermaran; mientras en 1968 un derrame durante el almacenamiento de un plaguicida (paratión) contaminó alimentos como harina y azúcar, ocasionando por este hecho que se presentará una intoxicación masiva que origino 16 muertes. ([14](#))

No obstante las referencias anteriores, se asume por parte de organismos no gubernamentales, que existe una seria deficiencia en el seguimiento estadístico de todos los países del orbe como para pensar que solo son eventos aislados; motivado esto en las condiciones económicas que privan en algunas naciones de manera particular y que pueden estar utilizando sustancias tóxicas de manera no adecuada.

Tipos de toxicidad

Toxicidad es la propiedad de una molécula química o compuesto que es capaz de producir una lesión o efecto nocivo sobre los organismos vivos. Estos daños pueden ser causados por las circunstancias particulares de exposición. Por lo tanto una subdivisión de la toxicidad puede ser hecha sobre la base de la duración a la exposición ([15](#)):

Exposición aguda

Se produce por una exposición de corta duración en el cual el agente químico o físico es absorbido rápidamente, ya sea en una o varias dosis, en un período no mayor de 24 horas; los efectos aparecen de manera inmediata.

Exposición subaguda

Se produce ante exposiciones frecuentes o repetidas durante varios días o semanas; los efectos aparecen en forma relativamente retardada.

Exposición crónica

Se produce con exposiciones repetidas a bajas dosis durante largo tiempo. Los efectos se manifiestan porque el agente tóxico se acumula en el organismo, es decir, la cantidad eliminada es menor que la absorbida; o bien, porque los efectos producidos por la exposiciones repetidas se suman.

Además la toxicidad también puede seccionarse sobre el contexto del sitio de acción en el que actúa:

Efectos locales

Refiere a la acción que toma lugar en el punto o área de contacto. El sitio puede ser la piel, membrana mucosas de los ojos, nariz, boca, o cualquier otra parte del sistema respiratorio o gastrointestinal. Una particularidad al respecto puntualiza que la absorción de la sustancia tóxica no necesariamente ocurre en el organismo.

Efectos sistémicos

Este término refiere a un sitio de acción que puede estar muy ajeno al lugar de contacto y se asume que la absorción se ha llevado a cabo. Es decir, tras la absorción y distribución de la sustancia tóxica, a través de la sangre, se aloja en un órgano blanco o bien es manifiesta su acción en todo el organismo

Clases de sustancias tóxicas

Las sustancias tóxicas pueden clasificarse de varias formas. A continuación se da conocer una clasificación útil con definiciones y ejemplos adoptados de la Norma Oficial Mexicana 010 de la Secretaría del Trabajo y Previsión Social en México. [\(16\)](#)

SUBSTANCIAS	DEFINICION	EJEMPLO
GASES	Compuestos que a temperatura y presión ambiente se comportan como el aire.	Monóxido de carbono, óxido de sodio, acetileno, butano, hidrógeno.
HUMOS	Materia sólida en suspensión en la atmósfera formado por pequeñas partículas producidas por la condensación de metales o por resultado de la combustión incompleta.	Humos de soldadura de un metal en fusión, de combustión de madera, cigarro..

FIBRAS	Es aquel material más grande que 5 μ con una proporción igual o más grande que 3.1 de longitud.	Asbestos, Fibra de vidrio.
NEBLINA	Gotas de líquido suspendidas en el aire generadas por la atomización, aspersión, espuma, burbujeo de material líquido.	Alquitran de hulla, pinturas en aerosol, insecticidas, ácido sulfúrico entre otros.
POLVOS	Materia sólida dispersa en el aire producto de la acción mecánica sobre un sólido.	Polvos de madera, granos de algodón, materiales sólidos, orgánicos o de metal.
VAPORES	Materia proveniente de la evaporización de un líquido o de la sublimación de un sólido.	Nafta, aguarrás, mercurio, alcanfor, naftaleno, entre otros.

Esta clasificación no incluye las categorías obvias de sólidos y líquidos que pueden ser dañinos, así como agentes biológicos tales como bacterias, hongos y parásitos.

Rutas de absorción

La ruta por la cual el elemento tóxico irrumpe en contacto con el individuo es un factor que más influye sobre los efectos tóxicos de una sustancia. Las rutas de absorción más comunes se citan a continuación [\(17\)](#):

Piel

La piel se constituye como una barrera adecuada, sin embargo varias sustancias pueden ser absorbidas a través de ella. Sobre todo cuando esta cuenta con lesiones o excoiaciones la absorción a través de ella puede ser muy rápida. Cuando una sustancia entra en contacto con la epidermis puede sobrevenir que la piel sea un parapeto eficiente, o bien que se genere prurito o sensibilización en la área de contacto, y posteriormente pase la sustancia a la corriente sanguínea.

Gastrointestinal

El ingreso por vía oral, como se denomina también, ocurre por la ingestión directa de agua, o alimentos contaminados, o la misma sustancia tóxica también. Es relevante señalar que la absorción de la sustancia, dentro de sistema gastrointestinal, puede ser rápida o muy lenta, dependiendo de las características intrínsecas de la misma.

Respiratoria

Hay que hacer hincapié, que esta vía de exposición es la más trascendental en el área laboral, sobre todo en la fábricas y actividades manufactureras, debido al uso frecuente de sustancias inestables y/o corpúsculadas. Lo sobresaliente de esta ruta consiste en que permite ser difundido y pueda producir un daño local, o bien, introducirse de manera directa al torrente sanguíneo.

No obstante, se debe tener en cuenta que los factores que modifican la respuesta a un agente tóxico esta en función de la triada agente-receptor-ambiente. Donde debe tenerse en cuenta aspectos como la estructura genética, estado nutricional, sexo, edad y estado emocional del receptor, así como la temperatura y presión parcial elevada del oxígeno en el ambiente, y los factores del agente tóxico que incluyen, la estructura y composición química, tamaño de la partícula y la cantidad y concentración.

Vigilancia biológica

La vigilancia biológica es un procedimiento complejo de estudio e interpretación de información, que asocia tanto lo contribuido por el monitoreo biológico, como los elementos y efectos fisiopatológicos determinados, y los admisibles descubrimientos relacionados en el área clínica. Y que incluye además invariablemente la observación y la valoración o calculo de la exposición del individuo; y que incorpora los resultados de muestras y el examen mismo, así como la inferencia de la frecuentación de sustancias en varios tejidos, órganos y fluidos del organismo, así como de las alteraciones biológicas concomitantes. ([18](#) y [19](#))

A continuación se acotan algunas sustancias para las cuales existe evidencia de vigilancia biológica.

SUSTANCIA	TIPO DE INDICADOR BIOLOGICO
Arsénico	Arsénico en orina, en sangre y cabello.
Benceno	Fenol en orina, benceno en sangre.
Cadmio	Cadmio en orina, en sangre.
Cromo	Cromo en orina
Mercurio	Mercurio en orina, en sangre y en saliva.
Plomo	Plomo en sangre, en orina.
Deldrin	Dieldrin en sangre
Paratión	p-Nitrofenol en orina

Conclusiones

En los años recientes se ha dado una gran importancia a los efectos de los contaminantes en los ecosistemas y la salud del hombre. De hecho, el tema de la contaminación ha pasado a convertirse en un problema vital para la humanidad; debido a la gravedad en que incurren estos al propagarse; y en síntesis, causar importantes trastornos ambientales y daños a la salud, no tan solo locales, sino también regionales, y globales en su caso. Por esta razón, los avances y esfuerzos que se logren en la ciencia de la toxicología atemperaran las amenazas que se ciernen sobre la salud del hombre y la ambiental misma.

En conclusión, los criterios esenciales para determinar la prioridad en la selección de las sustancias químicas o tóxicas motivo de estudio deberá fundamentarse en:

- la presunción de amenaza para la salud de las personas
- tipo y trastorno de las secuelas latentes sobre la salud
- relación de elaboración y aplicación del agente presuntivo
- capacidad de perennidad en el ambiente
- potencial de aglomeración en la biota y en el ambiente
- tipo y magnitud de las poblaciones que estén expuestas

No obstante lo anteriormente citado, también contribuirá en suma el control legal mediante leyes, decretos, órdenes, reglamentos y normas, que aborden los aspectos de la salud y seguridad en el trabajo, transporte de materiales peligrosos, manejo de los residuos peligrosos y la prevención de la contaminación. Así como la gestión misma de las sustancias tóxicas que involucre los marcos administrativos, políticos, culturales y económicos de cada nación.

Referencias

1. Cantú Martínez, P.C. 1992. Contaminación ambiental. Ed. Diana. 80 pp [\(regresar\)](#)
2. Albert, L.A. y A. Molina García. 1990. Sustancias ambientales y sustancias xenobioticas. En Curso básico de toxicología ambiental [L.A. Albert] Ed. OPS/Limusa Noriega, Cap 2: 17-22. [\(regresar\)](#)
3. Cortinas Nava, C. 1990. Carcinogenesis ambiental En Curso básico de toxicología ambiental [L.A. Albert] Ed. OPS/Limusa Noriega, Cap. 3: 23-40. [\(regresar\)](#)
4. Corey, G. 1988. Vigilancia en epidemiología ambiental. OPS/OMS 193 pp [\(regresar\)](#)
5. Durham, W.B. 1974. Toxicology of environmental pollutants In Industrial Pollution [N.I. Sax] Van Nostrand Reinhold Company. Chapter 1: 1-9. [\(regresar\)](#)
6. Molina García, A. 1990. Contaminantes atmosféricos primarios En Curso básico de toxicología ambiental [L.A. Albert] Ed. OPS/Limusa Noriega Cap. 4: 43-70. [\(regresar\)](#)
7. Badillo German, J.F. 1990. Cadmio. En Curso básico de toxicología ambiental [L.A. Albert] Ed. OPS/Limusa Noriega Cap. 9: 145-169. [\(regresar\)](#)
8. Monroy Sánchez, J. 1983. Toxicología ambiental. UABCS. Cuadernos Universitarios 39 pp. [\(regresar\)](#)
9. Flores Rodríguez, J. 1997. Contaminantes atmosféricos primarios y secundarios En Introducción a la toxicología ambiental [L.A. Albert] OPS/Gobierno del Estado de México. Cap. 9 123-147. [\(regresar\)](#)
10. Flores Rodríguez, J., S. López Moerno y L.A. Albert. 1995. La contaminación y sus efectos en la salud y el ambiente. Centro de Ecología y Desarrollo. 261 pp. [\(regresar\)](#)

- 11.** Figueroa Navarrete, A. 1990. Mercurio y metilmercurio. En Curso básico de toxicología ambiental [L.A. Albert] Ed. OPS/Limusa Noriega Cap. 8: 123-144.[\(regresar\)](#)
- 12.** Gutiérrez Ruiz, M.C., L. Bucio Ortiz y V. Souza. 1997. Mercurio. En Introducción a la toxicología ambiental. [L.A. Albert] OPS/Gobierno del Estado de México. Cap. 12: 197-210. [\(regresar\)](#)
- 13.** Cantú Martínez, P.C. 1996. La Naturaleza o el hombre. ¿El dilema ambiental?. Obra inscrita en el Registro Público del Derecho de Autor, Dirección General de Derecho de Autor, S.E.P., No. De Registro 77357. 95 pp.[\(regresar\)](#)
- 14.** Albert, L.A. 1997. Plaguicidas. En Introducción a la toxicología ambiental. [L.A. Albert] OPS/Gobierno del Estado de México. Cap. 21: 359-382[\(regresar\)](#)
- 15.** SSA 1993. Manual de toxicología. Dirección de Salud Ambiental, Subsecretaría de Regulación y Fomento Sanitario, Secretaría de Salud. 183 pp[\(regresar\)](#)
- 16.** NOM 010 STPS 1999[\(regresar\)](#)
- 17.** Gutiérrez Ruiz, M.C. y T. Fortuol van der Goes. 1997. Conceptos básicos de toxicología ambiental En Introducción a la toxicología ambiental. [L.A. Albert] OPS/Gobierno del Estado de México. Cap. 5: 53-79.[\(regresar\)](#)
- 18.** de Fernícola, N.A.G.G: y P. Jauge. 1985. Nociones básicas de toxicología. OPS/OMS 113 pp [\(regresar\)](#)
- 19.** Corey, *op. cit.*[\(regresar\)](#)