VARIABLES RELACIONADAS CON LOS PROBLEMAS DE SALUD CAUSADOS POR LA CONTAMINACIÓN AMBIENTAL

A continuación se exponen los aspectos más relevantes que se deben tener en cuenta en el contexto de la contaminación ambiental y sus efectos en la salud.

1. Ámbitos

El ambiente corresponde a un todo integrado, a un macrosistema abierto; sin embargo, para poder estudiarlo o intervenir en él habitualmente se requiere de abordarlo en forma fragmentaria. Los principales componentes del ambiente que tradicionalmente se estudian y que sirven igualmente para las perspectivas de salud pública y para orientar las actividades de vigilancia, son, sin ser exhaustivos, los siguientes:

1.1. Aguas:

- Aguas oceánicas
- Aguas continentales
- Aguas subterráneas
- Aguas superficiales
- Aguas de lluvia
- Agua potable
- Aguas para uso doméstico
- Aguas para uso industrial
- Aguas para uso recreacional

1.2. Suelos:

- Suelos agrícolas, forestales, pecuarios, etc.
- Suelos para disposición final de residuos o basuras
- Suelos permeables
- Suelos poco permeables

1.3. Aire, habitualmente analizado bajo los criterios de:

- Aire urbano
- Aire rural
- Aire de ambiente de trabajo
- Aire de ambiente general
- Aire de ambiente del hogar
- Aire de interiores
- Aire de zonas de altura
- Aire a nivel del mar

1.4. Alimentos, clasificados según su naturaleza (cárneos, de mar, vegetales, lácteos, etc.), según su elaboración (domésticos e industrializados), según su riesgo epidemiológico (alto o bajo), etc.

1.5. Ambiente de trabajo, que se refiere a recintos abiertos o cerrados en donde se efectúa una actividad laboral específica.

1.6. Ambiente general, que corresponde, por contraposición, a todo el resto del ambiente que no sea el ambiente de trabajo; habitualmente se refiere al ambiente de las comunidades generales.

1.7. Microambiente doméstico, que corresponde al ambiente interior de la vivienda y al ambiente exterior inmediato a la vivienda.

1.8. Ambiente según actividad socioeconómica:
- Sectores industriales
- Sectores mineros
- Sectores agrícolas
- Sectores residenciales

1.9. Clima y altura, en los que interesa temperatura, humedad, pluviosidad, presión atmosférica, radiaciones, presión de oxígeno, etc.

2. Agentes ambientales nocivos

De una manera simple los agentes ambientales patógenos o potencialmente patógenos, se clasifican en:

2.1. Agentes biológicos:
- Microorganismos (bacterias, parásitos, virus)
- Macroorganismos (parásitos, insectos, roedores, etc.)

2.2. Agentes físicos:
Pueden ser:
- Agentes naturales
- Agentes artificiales o antropogénicos

1 Antropogénico: elaborado o causado por la actividad del ser humano.
Algunos ejemplos de agentes físicos son:

- Radiaciones ionizantes
- Radiaciones no ionizantes
- Ondas ultrasónicas
- Ruido
- Calor
- Humedad
- Presión

2.3. Agentes químicos:

Los agentes químicos se pueden clasificar de diversas maneras, por ejemplo, atendiendo a su origen, a su naturaleza, a su estado físico o a su composición química. Algunas de estas clasificaciones son las siguientes:

a) Por su origen:
   - naturales
   - sintéticos
b) Por su naturaleza:
   - orgánicos
   - organometálicos
   - inorgánicos
c) Por su estado físico:
   - gases
   - líquidos
   - sólidos
d) Por su composición química:
   - metales
   - hidrocarburos aromáticos polinucleares
   - hidrocarburos aromáticos halogenados
   - aniones inorgánicos
   - éteres
   - etc.
e) Por su uso:
   - plaguicidas
   - disolventes
   - plastificantes
   - colorantes
   - emulsionantes
f) Por su efecto tóxico:
   - mutágenos
   - carcinógenos
   - teratógenos
- neurotóxicos
- hepatotóxicos
- nefrotóxicos
- etc.

2.4. Factores del ambiente social:

- Alta densidad poblacional
- Mala calidad de la vivienda
- Estilos de vida inadecuados
- Hábitos y creencias inadecuados
- Subalimentación
- Analfabetismo
- Organización comunitaria insuficiente
- Subdesarrollo institucional
- etc.

3. Las sustancias en el ambiente

Todos los agentes ambientales nocivos, especialmente los químicos, presentan, en mayor o menor grado, ciertos comportamientos y modificaciones más o menos definidos al seno de los ecosistemas. La dinámica o la cinética de los contaminantes en el ambiente analiza la movilidad, el transporte, las interacciones, las transformaciones y las degradaciones de ellos, así como los factores y mecanismos que intervienen en estos fenómenos. Habitualmente, una sustancia que ingresa al ambiente se dispersa en el medio correspondiente e interactúa con los elementos propios de éste, se distribuye hasta cierto grado en este medio y puede ser transferida a otros medios.

Los contaminantes pueden ser transferidos al ambiente fundamentalmente bajo tres modalidades físicas: en forma de líquidos, en forma de gases, vapores, humos, aerosoles o polvos y en forma de sólidos.

Sólo para algunos pocos contaminantes se conocen sus ciclos completos en los ecosistemas.

Los principales factores que interactúan e influyen en la dinámica de las sustancias en el ambiente son los siguientes:

- Cantidad de la sustancia
- Frecuencia en la emisión de la sustancia hacia el medio
- Características físico-químicas propias de la sustancia
- Características físico-químicas propias del medio
- Presencia y naturaleza de los organismos vivos, tanto micro como macroorganismos, existentes en el medio
- Grado y tipo de interacción entre los organismos vivos y las sustancias
La interacción del conjunto de estos elementos condiciona el grado de toxicidad de la sustancia, el tipo de exposición a ella y las modalidades como la sustancia puede ingresar al organismo humano.

La naturaleza del medio es un factor importante para condicionar la mayor o menor presencia de sustancias en el mismo. El número de sustancias contaminantes que puede contener el aire es relativamente menor que las que pueden contener el agua y el suelo, los que reciben habitualmente gran diversidad de sustancias. El ambiente rural representa bajas posibilidades de contaminación en comparación con los ambientes urbano-industriales. Los ambientes de trabajo frecuentemente acumulan sustancias tóxicas diversas a altas concentraciones, lo que no sucede con esa intensidad en los ambientes de la población general.

La gran mayoría de los problemas de salud asociados a agentes ambientales se debe a la presencia de ellos en el ambiente y además a que tienen un carácter nocivo para los organismos. Sin embargo, existe un grupo de afecciones que se generan precisamente por la ausencia total o relativa en el ambiente del agente que interesa y es esta deficiencia o insuficiencia la causa de enfermedad; ésta se produce por ausencia del agente y no por su presencia. Si bien esto es válido tanto para agentes físicos como químicos, es mucho más evidente y demostrativo para los últimos y especialmente para aquéllos que juegan un papel fisiológico en el organismo. A modo de ejemplo, se señalan las carencias de vitaminas, de hierro, de flúor, de yodo, etc., tanto en suelos, en aguas, como en alimentos. Bajo esta perspectiva, estos problemas son igualmente problemas de salud ambiental.

4. Las sustancias en el organismo humano

La toxicocinética estudia los aspectos relacionados con la absorción, la distribución y la eliminación de toda sustancia tóxica y extraña al organismo.

Se dice que un individuo está expuesto a un agente contaminante ambiental cuando los límites externos de su organismo entran en contacto con dicho agente que se encuentra en el medio. El agente contaminante puede estar en la vecindad inmediata de alguna o de varias de las vías habituales de ingreso al organismo. Las vías de ingreso de sustancias al organismo son las siguientes:

- la vía respiratoria
- la vía digestiva
- la vía cutánea

El ingreso se efectúa a través de la piel o de las mucosas de estas vías. A través de ellas se efectúa el proceso de absorción. Luego la sustancia
pasa a la sangre, la cual efectúa el proceso de distribución de aquélla hacia los diferentes tejidos corporales. A continuación en general se producen procesos que tienden a la eliminación, ya sea mediante biotransformación y/o excreción.

En ocasiones ocurre de manera importante un proceso de acumulación de la sustancia en ciertos tejidos selectivos.

Es interesante tener presente, que las sustancias xenobióticas pueden ser originalmente un tóxico antes de entrar al organismo, pero también pueden ser lo que se denomina un pre-tóxico, en cuyo caso son sus productos de biotransformación los que adquieren carácter tóxico. Una parte importante de los agentes genotóxicos corresponden a este tipo de sustancias pre-tóxicas.

El conocimiento en detalle para cada sustancia de este ciclo en el organismo permite identificar en éste los lugares más apropiados en donde detectar la sustancia o alguno de sus productos de biotransformación. Esta indagación permite apreciar la magnitud y la frecuencia del contacto (exposición) del organismo con la sustancia en estudio. Este procedimiento de pesquisa, cuando es aplicado regularmente a grupos poblacionales, se denomina “medición biológica sistemática” 2 o “monitoreo biológico”, componente de la vigilancia de contaminantes en el organismo humano y constituye uno de los procedimientos rutinarios aplicados por los programas de vigilancia epidemiológica en el área de los contaminantes químicos.

5. Fuentes contaminantes

Al estudiar los riesgos que las sustancias ambientales representan para la salud del ser humano, es recomendable relacionar adecuadamente los principales elementos que se mencionan en este capítulo con las fuentes emisoras de sustancias contaminantes del ambiente.

5.1. Clasificación de las fuentes emisoras de sustancias contaminantes:

Las fuentes contaminantes pueden ser naturales y artificiales (antropogénicas).

Las fuentes naturales habitualmente están relacionadas con la composición natural de suelos y aguas, la naturaleza de algunos alimentos, las emanaciones volcánicas, etc. Estas fuentes representan una proporción baja como causantes de problemas de salud pública.

Las fuentes artificiales, creadas por la actividad humana, representan la principal causa de problemas de salud asociados con el ambiente; son

---

2 Biological monitoring, en inglés.
muy heterogéneas y diversificadas en cuanto a su naturaleza y al tipo de contaminante que emiten. Pueden clasificarse a grandes rasgos en:

- Fuentes domésticas
- Fuentes industriales
- Fuentes mineras
- Fuentes agropecuarias

También pueden ser:

- Fuentes fijas
- Fuentes móviles

Las fuentes artificiales de contaminación también se pueden clasificar según la naturaleza del agente contaminante que producen. Así, pueden ser por ejemplo, productoras de contaminantes bajo la forma de residuos gaseosos, de residuos líquidos y de residuos sólidos.

5.2. Identificación de las fuentes contaminantes según el sector de las actividades socioeconómicas al cual pertenecen:

Tanto para conocer la naturaleza de los procesos contaminantes y el tipo de sustancias, como para ejercer eventuales acciones de prevención y de control, es aconsejable clasificar las fuentes de contaminantes de acuerdo con los sectores a los cuales pertenecen. Especial mención merecen los sectores minero, industrial, agrícola, de transportes y de servicios.

5.3. Identificación de las fuentes de contaminación según distribución geográfica:

En este aspecto interesa conocer sobre las fuentes lo relativo a:

a) Su proximidad a aglomeraciones poblacionales, interesando las distancias, las densidades poblacionales, las condiciones socioeconómicas, etc.

b) Su potencial de contaminación del medio, medido en función de su ubicación respecto a masas o cursos de agua (ríos, lagos, fuentes de agua potable, etc.), su ubicación respecto a actividades agrícolas, su vecindad a otras fuentes contaminantes similares, y en función de las condiciones climatológicas locales (vientos, lluvias, humedad, temperaturas, etc.)
5.4. Identificación del medio en donde se distribuye preferentemente la sustancia:

De acuerdo con los antecedentes señalados previamente es recomendable saber si una sustancia contaminante se encontrará preferentemente en el aire, en el agua, en los alimentos, en algún producto específico, etc.

6. Poblaciones

De acuerdo con lo anteriormente señalado y con el grado de desarrollo alcanzado por las actividades humanas en las áreas de fabricación, almacenamiento, transporte, expendio y usos de los compuestos químicos y de los productos que los contienen, prácticamente toda la población está expuesta en grado variable a agentes químicos.

No obstante, se pueden distinguir dos grandes grupos de poblaciones que presentan características propias de exposición a las sustancias:

a) Población trabajadora, esto es, la que se conoce como población ocupacionalmente expuesta.
b) Población general, que corresponde a la masa de población en general no relacionada con una actividad ocupacional determinada; con frecuencia se la denomina como población no ocupacionalmente expuesta.

Se debe tener presente que, para los fines de exposición a sustancias, la población trabajadora, además de los riesgos a que está sometida en su propio ambiente de trabajo, también está expuesta a sustancias a través de otras modalidades en el ambiente general.

Otra diferenciación entre poblaciones corresponde a la siguiente:

c) Población de sectores urbanos
d) Población de sectores industriales
e) Población de regiones rurales

Otra clasificación se basa en el riesgo a que puede estar sometida la población:

f) Población con alto riesgo
g) Población con mediano riesgo
h) Población con riesgo bajo o nulo

Las poblaciones con alto riesgo son aquéllas en las cuales por condiciones ambientales precisas las posibilidades de que existan exposiciones a niveles peligrosos para la salud son mayores o de que, por razones propias del individuo, los efectos de la intoxicación sean más graves que
en el resto de la población. Cuando los factores de riesgo asociados a la exposición se suman a los factores de sensibilidad de los individuos, se puede tener un grupo calificado como de alto riesgo. La identificación de grupos e individuos en situación de alto riesgo tiene gran importancia práctica para la orientación de medidas de prevención eficaces. A modo de ejemplos se presentan algunas situaciones específicas en el Cuadro 3.

Es necesario recordar que la posibilidad de sufrir efectos adversos no es igual para todos los sujetos. Por ejemplo, la concurrencia desfavorable de algunas de las situaciones enlistadas en el Cuadro 3, puede aumentar importantemente el riesgo para un individuo o un grupo. Además, por una parte, el tipo de exposición y, por otra, las diferencias en la biotransformación de las sustancias y en la susceptibilidad del huésped, determinarán que un individuo o un sector de la población se halle en especial situación de riesgo. El riesgo es alto cuando se combinan desfavorablemente condiciones ambientales peligrosas, exposición y susceptibilidad del organismo.

7. Efectos en la salud

Según las diversas condiciones bajo las cuales un individuo o una comunidad se ponen en contacto con una sustancia, serán las características de la morbilidad asociada a ella, especialmente la intensidad y los caracteres del cuadro clínico y la letalidad. Estas condiciones están dadas por las características toxicológicas propias de la sustancia, por las características biológicas, metabólicas y nutricionales (susceptibilidad o resistencia) del individuo o de la comunidad, por la cantidad de sustancia con la cual se está en contacto, por la frecuencia con que se está en contacto con la sustancia, por la vía de ingreso de la sustancia al organismo y por algunas características generales del medio.

Aparte de lo mencionado, tanto la capacidad de resistir la acción adversa de la sustancia xenobiótica como la biotransformación de ésta, están determinadas por las propiedades morfológicas y funcionales del organismo, es decir, por los factores propios del huésped. Las variaciones en la actividad de algunos sistemas enzimáticos pueden influir en el comportamiento de la sustancia dentro del organismo y modificar también la reacción de éste frente a ella.

En líneas generales, los efectos en la salud causados por las sustancias tóxicas se clasifican en:

- efectos subclínicos
- efectos clínicos

Los efectos clínicos pueden ser:
- efectos agudos o inmediatos
- efectos crónicos o a largo plazo

También los efectos clínicos pueden ser:

- reversibles
- irreversibles

Tanto los efectos agudos como los crónicos, a su vez pueden ser:

- efectos localizados
- efectos sistémicos

Salvo situaciones de accidentes o contaminaciones masivas, por ejemplo de alimentos, las intoxicaciones que se puedan presentar en la población general suelen ser de carácter crónico. En la población expuesta ocupacionalmente es frecuente encontrar tanto intoxicaciones agudas como crónicas muy características.

En general los efectos causados por las sustancias tóxicas tienden a ser clínicamente inespecíficos, tanto en los casos agudos como crónicos. Tienden a afectar extensivamente a gran parte del organismo, comprometiendo con frecuencia a más de un órgano o sistema. Los síndromes agudos o crónicos asociados frecuentemente a sustancias pueden ser de la más variada naturaleza; así, se tienen afecciones dermatológicas, cardiovasculares, hematopoyéticas, gastrointestinales, broncopulmonares, renales, hepáticas, óseas, neurológicas, psicológicas, conductuales, etc. No obstante, para ciertas sustancias es factible disponer de un esquema de signos y síntomas más o menos característico. En este aspecto es importante que el equipo médico aplique rigurosamente los criterios semiológicos de diagnóstico diferencial. Más aún, estas limitaciones deben ser cuidadosamente consideradas cuando, para fines de un sistema de vigilancia epidemiológica, se requiere elaborar las definiciones de casos sospechosos y de casos clínicos.

Los efectos pueden ser clínicamente evidentes o subclínicos. Entre los clínicos se tienen los casos de enfermedad definida, las secuelas y las defunciones. Entre los efectos subclínicos existen diversas alteraciones funcionales, metabólicas o bioquímicas, muchas de ellas catalogadas como precoces o iniciales de un proceso mórbido determinado y cuya detección oportuna representa una de las medidas preventivas deseables en este campo.

En general, las sustancias tóxicas, especialmente cuando están en contacto frecuente y en bajas dosis con el organismo humano, producen algún tipo de alteración bioquímica o metabólica, las cuales son de difícil
detección precoz. Varias de ellas pueden identificarse con técnicas de laboratorio disponibles actualmente. Esta característica tiene especial importancia cuando se pretende desarrollar un sistema de vigilancia de este tipo de enfermedades, que implique la más pronta detección de la enfermedad en grandes grupos poblacionales.

Por otro lado, el daño puede ser un efecto tóxico moderado o leve, con carácter reversible, sin secuelas. Puede, también, ser más grave, con alteración funcional u orgánica de parénquimas con carácter irreversible, con secuelas importantes; entre éstas podemos mencionar característicamente a la teratogénesis. En algunas situaciones particulares el daño puede resultar en el desarrollo de un cáncer.

Entre los efectos crónicos más característicos asociados a las sustancias tóxicas destacan las mutaciones, el cáncer y las alteraciones congénitas. Las sustancias mutágenas, carcinógenas y teratógenas reciben en la actualidad un especial interés por parte de los toxicólogos y los epidemiólogos.
Cuadro 3
CONDICIONES QUE REPRESENTAN FACTORES DE RIESGO EN RELACION A AGENTES AMBIENTALES FISICOS Y QUIMICOS

| a) | Personas expuestas ocupacionalmente a una sustancia o agente físico determinado |
| b) | Familiares convivientes de trabajadores expuestos |
| c) | Personas residentes en zonas inmediatamente vecinas a instalaciones mineras o industriales contaminantes, que impliquen la presencia de sustancias tóxicas determinadas en el ambiente general |
| d) | Personas residentes en grandes conglomerados urbano-industriales |
| e) | Personas residentes en zonas que presenten contaminación natural elevada con algún agente en particular |
| f ) | Mujeres embarazadas |
| g ) | Fetos |
| h ) | Niños, especialmente los menores de dos años |
| i ) | Personas de edad avanzada, especialmente ancianos |
| j ) | Personas desnutridas |
| k ) | Personas con desórdenes genéticos específicos |
| l ) | Personas con enfermedades preferentemente de carácter crónico que, por su naturaleza, las hagan especialmente susceptibles a una sustancia determinada (por ejemplo, afecciones de la piel en caso de arsénico y cromo, personas con enfermedades respiratorias crónicas en caso de contaminantes atmosféricos) |
| m ) | Personas sometidas a tratamientos medicamentosos prolongados con fármacos que contengan alguna sustancia reconocidamente tóxica (por ejemplo, medicamentos arsenicales o mercuриales) |
| n ) | Personas con hábitos que impliquen riesgo: fumadores, alcohólicos, adeptos a dietas especiales, etc. |
| ñ ) | Personas en condiciones de marginación socioeconómica |
| o ) | Personas no cubiertas por servicios médicos preventivos y curativos |
| p ) | Comunidades en donde es inexistente, insuficiente o no se aplica la legislación relacionada con la protección del ambiente y de la salud humana contra los contaminantes ambientales |