

SERIE VIGILANCIA

7

MERCURIO

Luiz A.C. Galvão
Germán Corey



Centro Panamericano de Ecología Humana y Salud
Organización Panamericana de la Salud
Organización Mundial de la Salud

SERIE VIGILANCIA

7

MERCURIO

Luiz A.C. Galvão
Germán Corey



Centro Panamericano de Ecología Humana y Salud
Organización Panamericana de la Salud
Organización Mundial de la Salud

PROLOGO

A modo de colaboración técnica con los países miembros de la Organización Panamericana de la Salud, el Centro Panamericano de Ecología Humana y Salud (ECO) se encuentra desarrollando manuales de vigilancia ambiental y epidemiológica en relación con algunas sustancias seleccionadas. En esta ocasión se presentan aspectos básicos relacionados con el mercurio y sus principales compuestos, bajo la perspectiva de componer un texto elemental capaz de llevar al lector información útil sobre la materia.

Algunos procesos y mecanismos ambientales y fisiopatológicos en los que interviene el mercurio no se encuentran aún totalmente dilucidados. Por lo tanto, en esta ocasión se muestra, en lo posible, lo más concreto que existe hasta el momento, sin tener la intención de agotar las materias ni tampoco de adoptar posiciones definitivas, ya que los antecedentes disponibles relacionados con las sustancias contaminantes no logran todavía esclarecer varias áreas del conocimiento, de la medicina y de la salud pública.

No obstante lo anterior, el presente manual pretende proporcionar algunos de los elementos técnicos y administrativos más trascendentes y útiles para autoridades sanitarias y equipos de salud interesados en desarrollar un sistema de vigilancia, de prevención y de control de las intoxicaciones por mercurio. Está especialmente orientado a los niveles medios y de operación de los Ministerios de Salud y de los servicios médico-sanitarios asistenciales.

Se espera que en estos niveles el presente documento contribuya a facilitar el diagnóstico y la obtención de perfiles de salud, los que a su vez facilitarán la programación respectiva y el control de los problemas.

Antecedentes más detallados respecto de lo que se recomienda incluir en un sistema de vigilancia epidemiológica en relación con los efectos causados por agentes químicos ambientales, se pueden consultar en el manual básico que sobre dicha materia existe en esta Serie Vigilancia.

En ese contexto una de las intenciones de este tipo de manual es la de contribuir a ampliar la tradicional vigilancia del daño hacia un enfoque más amplio, que incluya la vigilancia de la exposición, de los factores de riesgo y de los procesos condicionantes y determinantes.

Se estima que puede significar además un aporte valioso para aquellos grupos que desarrollen actividades docentes y de investigación sobre la materia.

Es de interés que este manual sea considerado en esta versión como una etapa de un proceso que puede merecer perfeccionamiento. Aun cuando se ha hecho un esfuerzo por presentar la información con exactitud, pueden haberse cometido errores y pueden haberse omitido algunos datos, de tal manera que las observaciones y sugerencias que los usuarios puedan tener

serán bienvenidas y consideradas ante una nueva edición de este material. Finalmente, destacamos y agradecemos la disposición y las facilidades que ha expresado el Ministerio de Salud del Brasil, tanto a través de su División Nacional de Ecología Humana y Salud Ambiental como a través de la Fundación Oswaldo Cruz, para que el Dr. Luiz Augusto Cassanha Galvão haya podido participar en la elaboración de este manual.

Dr. Jacobo Finkelman
Director
Centro Panamericano de Ecología
Humana y Salud

CONTENIDO

INTRODUCCION	1
FUENTES DE CONTAMINACION	5
1. Fuentes de contaminación en el ambiente ocupacional	5
2. Fuentes de contaminación en el ambiente general	6
POBLACIONES EXPUESTAS.....	9
1. Exposición ocupacional	9
2. Exposición general.....	9
3. Poblaciones de alto riesgo	10
TOXICOCINETICA	13
1. Absorción, distribución y eliminación.....	13
2. Bioacumulación.....	15
3. Interrelación	15
CLINICA	17
1. Manifestaciones clínicas según el tipo de compuesto	17
2. Otros datos de interés clínico	19
3. Tratamiento	19
MONITOREO	22
1. Monitoreo biológico.....	22
2. Monitoreo ambiental.....	24
3. Análisis toxicológico	24
LIMITES DE EXPOSICION.....	27
1. Límites ocupacionales.....	27
2. Límites ambientales	28
3. Índices biológicos de exposición recomendados	28

VIGILANCIA EPIDEMIOLOGICA	31
1. Fuentes de contaminación	31
2. Identificación en las poblaciones expuestas y de las poblaciones de alto riesgo	31
3. Definición de expuestos y casos	32
4. Fuentes de información médica	33
5. Enfermedades asociadas	33
6. Acciones específicas	34
PREVENCION Y CONTROL	35
1. A nivel ocupacional	35
2. A nivel general	36
ANEXOS	39
1. Principales formas de presentación del mercurio	41
2. Producción de algunos metales en Latinoamérica y el Caribe, 1983	45
3. Referencias bibliográficas sobre aspectos clínicos y terapéuticos de las intoxicaciones por metales y sobre aspectos analíticos para la determinación de metales	47
4. Límites para concentraciones de sustancias químicas en el ambiente ocupacional y en el organismo	49
5. Vigilancia epidemiológica	53
6. Recomendaciones para el manejo adecuado del mercurio en la práctica odontológica	63
7. Aspectos seleccionados de algunos compuestos mercuriales ...	65
8. Antecedentes demográficos y económicos de interés	69
9. Siglas usadas	75
10. Profesionales consultados	77
BIBLIOGRAFIA	79

INTRODUCCION

El mercurio puede encontrarse en una diversidad de minerales y yacimientos y en una gran variedad de estados físicos y químicos. Cada uno de ellos tiene toxicidad diferente y sus aplicaciones en la industria, la agricultura y la medicina requieren de distintas evaluaciones.

Desde el punto de vista del riesgo para la salud humana, las formas más importantes del mercurio son el mercurio al estado de vapor, las sales de mercurio y los derivados de alquilvercurio de cadena corta.

El mercurio en su forma metálica es líquido a temperatura ambiente. Su presión de vapor es suficientemente elevada como para producir en el aire concentraciones nocivas. A una temperatura de 24°C, una atmósfera saturada de vapor de mercurio contiene una concentración de mercurio 360 veces superior a la concentración media permisible en la exposición ocupacional.

Los derivados de alquilvercurio de cadena corta muestran una lenta descomposición in vitro; el metilvercurio es el más estable de ellos. Esta característica de estabilidad es un factor importante con respecto a la toxicidad de estos compuestos y a sus riesgos para la salud humana.

Los compuestos alquilvercuriales han adquirido interés en los años recientes porque han sido responsables de varias epidemias no ocupacionales y por su especial afinidad por el tejido nervioso.

En América Latina, en 1982, se producía alrededor de un 3% del total mundial de mercurio. El más grande productor es México (221 ton/año), seguido por la República Dominicana (1,8 ton/año) (Ver Anexo 2). Aunque muchos países no sean productores, hacen uso del mercurio en sus industrias, principalmente para obtener equipos de medición y productos químicos para la agricultura.

En los países industrializados, el mercurio que se obtiene de la extracción es aprovechado sólo en un 74%. El 26% restante se incorpora al medio ambiente, básicamente como contaminante de la atmósfera. El mercurio extraído en general se consume en plantas de cloro-sosa (25%), equipos eléctricos (20%), pinturas (15%), equipos para medición y control (10%), agricultura (5%), odontología (3%), laboratorios (2%) y conservadores en las industrias de papel y en las preparaciones farmacéuticas y de cosméticos (20%).

El mercurio presente en el ambiente general proviene de los escapes industriales, del empleo de combustibles fósiles (principalmente carbón, lignita, petróleo y gas natural) y de la desgasificación natural de la corteza terrestre y de los océanos. Todo esto da un total de aproximadamente 150 000 toneladas por año, siendo la mayor parte (125 000 ton) de origen natural (evaporación del mercurio de la corteza terrestre y de los océanos por reacciones químicas o por erupciones volcánicas). A su vez, estas can-

tidades, por contacto con otros compuestos químicos, microorganismos y agua, sufren procesos de modificación de su estado original, dando origen a compuestos mercuriales que ingresan en los organismos vivos (como los peces) y que finalmente, mediante la forma de alimentos, llegan al hombre.

Los factores físicos o químicos como temperatura, pH, potencial de oxidoreducción, afinidades químicas de los materiales orgánicos y la tensión del oxígeno en el medio acuático, influyen en los procesos de formación de vapor de mercurio y de las formas orgánicas de mercurio. Estos factores, que no están directamente relacionados con la cantidad de mercurio existente, pueden incrementar los riesgos para la salud humana al favorecer la formación de compuestos peligrosos, como los derivados de alquimercurio, especialmente el metilmercurio que tiene una fuerte tendencia a la bioacumulación.

El ingreso del mercurio al organismo humano se hace a través de la inhalación de vapores de mercurio elemental o de partículas de compuestos alquimercuriales, de la ingestión de sales o complejos solubles, o de la penetración por vía cutánea, aunque esta última vía sea discutible. La más importante, en términos generales, es la vía respiratoria, ya que es responsable de la mayor parte de las intoxicaciones observadas; sin embargo, en condiciones de elevada contaminación ambiental general por mercurio, la vía digestiva puede llegar a ser la más importante y ha sido la que ha dado origen a intoxicaciones masivas con alquimercuriales.

Si bien la vía dérmica no es de gran importancia por posibilidades y por frecuencia, se han descrito intoxicaciones epidémicas importantes en niños pequeños por el uso de fungicidas organomercuriales como desinfectantes de pañales.

El mercurio se distribuye por todo el organismo y luego se deposita en algunos órganos, conforme a su forma química y a la presencia de otras sustancias. En general, se encuentran concentraciones significativas en sangre, pelo, riñones, hígado y cerebro. La eliminación del mercurio se hace principalmente por la orina y las heces.

El mercurio en general atraviesa la barrera hematoencefálica y llega al encéfalo. También atraviesa la placenta y causa intoxicaciones fetales. Se han encontrado compuestos mercuriales en la leche de mujeres expuestas al mercurio y en la sangre de los recién nacidos.

El mercurio actúa inhibiendo numerosos sistemas enzimáticos, debido a su gran afinidad por las uniones sulfhidrílicas.

Los daños causados al organismo humano por compuestos mercuriales, son principalmente aquéllos que afectan al sistema nervioso, en forma reversible o irreversible, según la dosis y la duración de la exposición. Los síntomas más característicos de la exposición al vapor de mercurio son: eretismo (excitabilidad, irritabilidad, pérdida de la memoria e insomnio), temblor y gingivitis. Los de la exposición al metilmercurio son: parestesia, reducción del campo visual, dificultad auditiva y ataxia.

Las epidemias más importantes por compuestos mercuriales de las que se tiene noticias, se han debido al vapor del mercurio elemental y a los compuestos de metilmercurio y de etilmercurio.

En el siglo XIX se produjeron brotes de intoxicación por vapor de mercurio, debido a un incendio en las minas de mercurio de la India y otro por derrame de mercurio metálico en un buque de guerra británico.

El mercurio ha causado epidemias importantes debido al consumo de pescado contaminado o al consumo de pan preparado con cereales que habían sido tratados con plaguicidas mercuriales.

Las grandes epidemias de Minamata y Niigata, Japón, fueron responsables de más de 1 200 casos de intoxicación. Ellas se originaron por descargas industriales vaciadas al mar que contenían mercurio, el cual se transformó en metilmercurio y fue acumulado por los peces que eran consumidos por las poblaciones locales.

Las epidemias causadas por ingestión de pan contaminado han producido el mayor número de casos. En el invierno de 1971-1972, en Irak hubo unos 6 000 casos, de los que unos 500 necesitaron hospitalización. Otras epidemias originadas por el pan contaminado han sido descritas en otros países como Pakistán, Guatemala y Perú. Aunque no se tengan muchos datos sobre estas epidemias en América Latina, se supone que esto puede ser un problema al que debe dársele importancia, aun cuando no haya sido estudiado con profundidad.

Más estudiados que los efectos en la población general, lo han sido los efectos adversos en trabajadores expuestos, que han demostrado una evidente correlación con los niveles de exposición. Estos estudios abarcan la observación de más de un millón de personas e indican que los signos y síntomas de la intoxicación por mercurio pueden ser causados por la exposición a concentraciones variables, según los compuestos, y por las condiciones ambientales del trabajo.

FUENTES DE CONTAMINACION

Por su presencia natural y por sus usos el mercurio se hace un compuesto altamente ubicuo en el ambiente.

El mercurio circula en el ambiente según un ciclo biogeoquímico en los tres principales componentes de la ecosfera: continentes, atmósfera e hidrosfera.

El mercurio se sublima y pasa, bajo formas volátiles, del suelo al aire. El mercurio sufre en el medio la acción de bacterias y de compuestos químicos que lo transforman de la forma metálica a las formas metilada y dimetilada, derivados orgánicos que son más tóxicos y más volátiles que las sales inorgánicas. Bajo estas formas se distribuye en el agua y en la atmósfera, donde contamina a los organismos vivos tales como peces y algas y otros que se alimentan de éstos. Estos organismos a su vez excretan mercurio hacia el ambiente, generando nuevamente el ciclo (véase figura 1).

Con el crecimiento de las actividades industriales las fuentes contaminantes del medio con éste y otros metales han aumentado igualmente.

1. Fuentes de contaminación del ambiente ocupacional

El mercurio, como los otros metales, tiene sus principales fuentes de contaminación en las actividades de extracción y de refinamiento, en su utilización industrial y agrícola y en su presencia natural en el ambiente. Muchos factores meteorológicos y geoquímicos pueden alterar el ciclo natural del mercurio, haciendo que las concentraciones usuales aumenten hasta niveles peligrosos para el ser humano. Ya que estos fenómenos naturales no suelen acontecer con mucha frecuencia, daremos más atención a las actividades humanas con el mercurio las que, en comparación con la contaminación natural, son más frecuentes y más importantes.

1.1 Minería

Las actividades mineras del mercurio son de las más antiguas que se conocen. Hay minas que existen desde hace más de dos mil años y que continúan en funcionamiento. Los peligros para la salud en los ambientes mineros, no sólo son para los trabajadores de la extracción, sino que también lo son para otros trabajadores que participan de las actividades subsecuentes, como la purificación y la concentración del mercurio, hasta llevarlo a formas comerciales. Además de los peligros para los trabajadores, las minas tienen importancia como fuentes de contaminación del ambiente general, ya que el metal pasa a éste ya sea en la forma de vapores o a través de los desechos mineros, que pueden llegar a las aguas o al suelo.

1.2 Industria

La industria hace uso del mercurio con variados objetivos. Uno es el aprovechamiento de sus características físicas (expansión y contracción por acción de la temperatura, capacidad de sufrir compresión y transmitirla a otro punto) en la fabricación de instrumentos de medición como termómetros, esfingomanómetros, etc. La industria también se vale de otras de sus características (opacidad y brillo) para la fabricación de lámparas, de tubos de rayos X, etc. Sus características de interferencia en determinados procesos biológicos son utilizadas en la fabricación de productos farmacéuticos o de plaguicidas. A continuación se mencionan las principales áreas industriales en donde se utiliza el mercurio:

- Equipos eléctricos (tubos de rayos X, lámparas incandescentes, baterías, etc.)
- Laboratorios de análisis químicos y de investigación
- Pinturas
- Plantas de hidrólisis de compuestos alcalinos de cloro (plantas de cloro-sosa)
- Preparación de materia prima para sombrerería
- Preparación y tratamientos de plata, oro, bronce y platino
- Producción de fungicidas mercuriales
- Productos fotográficos
- Sistemas de medición y control (termómetros, esfingomanómetros, etc.)

1.3 Agricultura

El uso de derivados del mercurio en la agricultura tiene una gran importancia, principalmente como plaguicida para el control de hongos en las plantaciones. No obstante, se desestimula su uso por existir alternativas con menor riesgo.

1.4 Odontología

La importancia del mercurio en la práctica de la odontología radica en que es uno de los compuestos básicos de la amalgama. Presenta un riesgo para los profesionales de esta área y para su control en estas personas, deberá tenerse en cuenta los límites planteados para otras actividades ocupacionales en donde el mercurio está presente.

2. Fuentes de contaminación en el ambiente general

Como ya se señaló, gran parte del mercurio que se encuentra en el ambiente general se origina en procesos naturales. A diferencia de muchos otros metales y sustancias, en el caso del mercurio, ciertos fenómenos naturales, tales como las erupciones volcánicas o los cambios de las condiciones atmosféricas de presión y temperatura, pueden determinar la contaminación de componentes de la cadena alimentaria, tales como los peces, o el aumento de las concentraciones en el aire, pudiendo llevar a efectos adversos en la salud del hombre.

Además de la importancia de los fenómenos naturales, las actividades

mineras del mercurio y las actividades de producción que utilizan mercurio, pueden ser también fuentes de contaminación del ambiente, ya sea por los desechos vaciados o emitidos al ambiente o por el uso, el almacenamiento o el transporte de los productos, donde puede ocurrir el contacto de éstos con el medio, contaminándolo y generando riesgo para la salud de la población, de forma semejante a la descrita en las contaminaciones por procesos naturales.

Se debe recordar también que actividades industriales no relacionadas directamente con el mercurio, tales como la quema de combustibles fósiles, la fundición de diversos metales, la fabricación de cemento, etc. aportan cantidades importantes de mercurio al ambiente.

2.1 Aire

La presencia en el aire de partículas de metilmercurio o de mercurio metálico, sea que procedan de procesos naturales o industriales, constituye una importante contaminación y debe identificarse su fuente. Para esto es necesario buscar información respecto de los fenómenos naturales recientes que puedan ser los responsables, de eventuales incrementos en los desechos industriales de las plantas que utilizan mercurio o respecto de eventuales aumentos en la producción de este metal o sus derivados.

La concentración media de mercurio en el aire es de 20 ng/m^3 , con variaciones entre $0,5$ y 50 ng/m^3 . En zonas altamente contaminadas vecinas a minas se han encontrado $0,8 \text{ mg/m}^3$ y $0,018 \text{ mg/m}^3$ en zonas vecinas a carreteras.

2.2 Agua

Los hallazgos naturales de mercurio en las aguas habitualmente son menores de 1 ug/l . En la mayoría de las veces, la contaminación del agua se debe a los desechos industriales que contienen mercurio. El mercurio en el agua puede sufrir el proceso de metilación transformándose en metilmercurio, el cual puede ser ingerido y bioacumulado por peces y biota acuática y a través de éstos puede alcanzar al ser humano.

2.3 Alimentos

En general, las principales fuentes de exposición a mercurio para el hombre en el ambiente general son los pescados, las algas, los mariscos, el pan preparado con cereales que hayan sido tratados o contaminados con plaguicidas mercuriales y los animales o los productos de animales que se alimentaron con otras fuentes contaminadas, todos los cuales son los intermediarios que sirven para que el mercurio que ha ingresado al ambiente llegue al organismo humano.

El origen del metilmercurio en las cadenas alimentarias terrestres está fundamentalmente en el uso de fungicidas mercuriales para el tratamiento de semillas.

El principal aporte de metilmercurio por medio de los alimentos es a través del pescado, especialmente de las grandes especies carnívoras. El tiburón y otros presentan naturalmente altos contenidos del metilmercurio.

2.4 Otros

Algunos medicamentos (antisépticos, antisifilíticos, catárticos y diuréticos) y pigmentos para tatuajes, han tenido también importancia como fuentes de contaminación para el hombre, aunque se han tomado muchas acciones para disminuir este tipo de exposición.

En personas sometidas a tratamientos periódicos de restauración dental con amalgama, ésta puede representar un aporte importante de mercurio iónico para su organismo, comparable a las cantidades que ingresan mediante alimentos y agua.

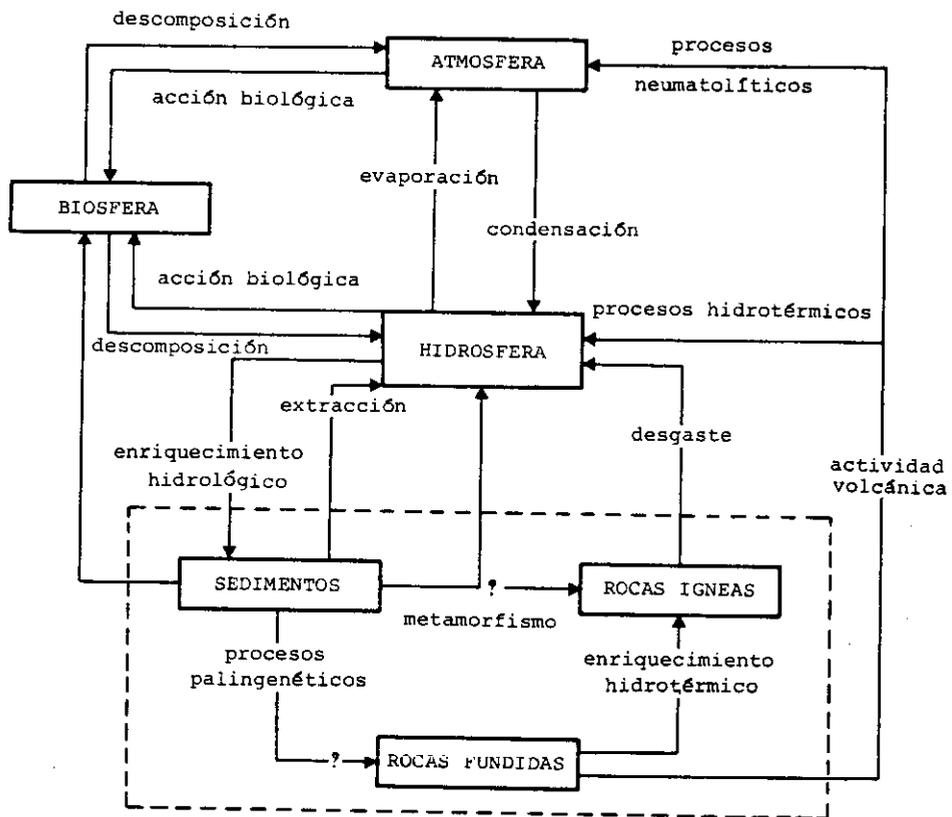


Fig. 1 Ciclo natural del mercurio en la Tierra

Fuente: Sachinath, M. Mercury in the ecosystem. Switzerland: Trans Tech, 1986. p.3

POBLACIONES EXPUESTAS

En general se puede decir que toda la población está expuesta a los compuestos mercuriales, ya sea a través de su presencia en los alimentos o a través de su presencia en el ambiente general como contaminante natural o como contaminante antropogénico. Mientras exista esta precondition general, hay algunas personas que estarán más expuestas al metal que otras, por las características de su ocupación, lugar de residencia, hábitos alimentarios o uso de determinados productos o medicamentos.

1. Exposición ocupacional

Los trabajadores ubicados en los lugares donde existe mercurio, presentan un riesgo acentuado por el contacto diario. Algunos ambientes laborales de alto riesgo pueden llegar a tener 5 mg de mercurio por m³ de aire. Los trabajadores están habitualmente expuestos preferentemente a mercurio metálico (vapores) y a compuestos inorgánicos del mercurio. La exposición en el ambiente ocupacional puede ser por vías respiratoria, digestiva o dérmica. La relación de actividades señaladas en el Cuadro 1, puede facilitar la identificación de aquéllas en las que existe exposición al mercurio.

2. Exposición general

En general la contaminación por mercurio del ambiente general está dada por los compuestos orgánicos de este metal, especialmente metilmercurio.

2.1 Alimentos

Los alimentos son el medio de exposición más común para las poblaciones que no se encuentran ocupacionalmente expuestas al mercurio. En general, las poblaciones generales están expuestas por este medio preferentemente a compuestos orgánicos de mercurio. La exposición a sales inorgánicas es menos frecuente y más circunstancial. En particular, las poblaciones que se alimentan de pescado, principalmente de las grandes especies carnívoras como el pez espada, el atún y el tiburón, pueden presentar altas concentraciones de mercurio en el organismo y, por esto, desarrollar manifestaciones crónicas de intoxicación. La exposición a través de estos pescados es especialmente a metilmercurio. Otro alimento que ha causado gran número de intoxicaciones es el pan, cuando ha sido elaborado con cereales que fueron tratados con fungicidas mercuriales y que generalmente se utilizan para combatir las plagas en la plantación o en el almanceamiento del producto.

2.2 Medicamentos

Las personas que utilizan fármacos que contienen en su fórmula el mercurio, como los diuréticos y los antisépticos, pueden desarrollar una intoxicación, como asimismo accidentalmente otras personas de su familia.

2.3 Medio acuático

En ocasiones donde exista una contaminación ambiental importante, especialmente de aguas, por contaminantes industriales, como ocurrió en Minamata, Japón, todas aquellas personas que habiten ese entorno y que se alimenten de su fauna, tienen un riesgo significativo de desarrollar una intoxicación crónica.

2.4 Aire

El aire es el medio más propicio para contaminarse en los ambientes de trabajo.

El aire exterior, no ocupacional, puede presentar niveles importantes de contaminación en zonas vecinas a industrias.

En algunos casos puede existir alta contaminación natural del aire ambiental, como en el caso de las erupciones volcánicas.

3. Poblaciones de alto riesgo

Las poblaciones de alto riesgo son aquellas en donde es mayor la probabilidad de que existan exposiciones a niveles peligrosos o de que los efectos de la intoxicación sean más graves que en el resto de la población. Entre ellas podemos señalar a las siguientes:

- a) Trabajadores con exposición ocupacional al mercurio.
- b) Poblaciones generales vecinas a fuentes mineras o industriales.
- c) Poblaciones oriundas de regiones con contaminación mercurial.
- d) Personas que se alimentan preferentemente con pescados y otros productos acuáticos.
- e) Personas que utilizan medicamentos a base de compuestos mercuriales, de preferencia aquellas que los usan prolongadamente.
- f) Enfermos del sistema nervioso central.
- g) Enfermos renales crónicos.
- h) Enfermos broncopulmonares crónicos.
- i) Embarazadas
- j) Niños pequeños

Cuando se sobreponen algunas de las condiciones citadas, el riesgo aumenta.

Cuadro 1. OCUPACIONES CON EXPOSICION POTENCIAL AL MERCURIO,
CLASIFICADAS SEGUN INTENSIDAD DE LA EXPOSICION

Exposición alta (actividades de alto riesgo)

Agricultores (con uso de plaguicidas mercuriales)
Barómetros, fabricantes de
Baterías de mercurio, fabricantes de
Cloro, fabricantes de
Fundidores de oro
Fungicidas mercuriales, fabricantes de
Fungicidas mercuriales, aplicadores de
Insecticidas mercuriales, aplicadores de
Manómetros, fabricantes de
Manómetros de precisión, fabricantes de
Mercurio, mineros de
Mercurio, refinadores de
Plaguicidas mercuriales, trabajadores con (fabricantes, aplicadores,
etc.)
Sosa cáustica, fabricantes de
Termómetros, fabricantes de

Exposición mediana (actividades con mediano riesgo)

Amaigamas, fabricantes de
Colorantes, fabricantes de
Fuegos artificiales, fabricantes de
Fulminantes, cargadores de
Fulminantes, fabricantes de
Instrumentos de calibración, fabricantes de
Interruptores de mercurio, fabricantes de
Laboratorios químicos, trabajadores de
Lámparas de arco de mercurio, fabricantes de
Lámparas fluorescentes, fabricantes de
Medicamentos, fabricantes de
Oro, extractores de

Exposición baja (actividades de bajo riesgo)

Bactericidas mercuriales, fabricantes de
Curtidurías, trabajadores de
Dentistas
Desinfectantes mercuriales, fabricantes de
Desinfectantes mercuriales, trabajadores con
Odontólogos
Pielés, preservadores de
Pinturas, fabricantes de
Plata, extractores de
Técnicos dentales

Exposición muy limitada (actividades de muy bajo o nulo riesgo)

Aparatos eléctricos, fabricantes de
Bronceadores
Calderas, fabricantes de
Cerámica, trabajadores de

Cloruro de vinilo, fabricantes de
Electro galvanizadores
Embalsamadores
Escobillas de carbón, fabricantes de
Fotógrafos
Joyeros
Luces de neón, fabricantes de
Medidores de corriente continua, trabajadores de
Moldes fundibles, trabajadores de
Papel, fabricantes de
Preservadores para madera, trabajadores de
Semillas, manipuladores de
Taxidermistas
Técnicos histólogos
Textiles, impresores de
Tinta, fabricantes de

NOTA: En la práctica, al hacer uso de esta lista, es recomendable que al efectuar la identificación de la actividad ocupacional se soliciten los antecedentes locales suficientes para diferenciar si en ese caso la exposición laboral está siendo a compuestos orgánicos o a compuestos inorgánicos de mercurio o a ambos.

TOXICOCINETICA

1. Absorción, distribución y eliminación

Al mercurio no se le reconoce ninguna función fisiológica beneficiosa en el organismo humano. Bajo cualesquiera de las formas en que se presenta es tóxico para el hombre y los seres vivos en general. El compuesto más tóxico es el metilmercurio.

Dependiendo de la forma físico-química en que se presenta el mercurio (metálico, compuestos inorgánicos y compuestos orgánicos), presenta distintos procesos cinéticos y efectos tóxicos. Así, según sea cada uno de los compuestos principales del mercurio, tenemos:

1.1 Mercurio metálico

La absorción de esta forma de mercurio se efectúa principalmente a través de la inhalación de sus vapores. Cuando se presenta en forma líquida, puede ser absorbido por la piel, aun cuando no se sabe exactamente en qué proporción. En su forma líquida, no sufre una absorción significativa en el tracto digestivo (0,01%). En casos de administración endovenosa de mercurio, se observó de inmediato embolia pulmonar, sin que haya dado tiempo de observar efectos sistémicos.

La exposición a los vapores de mercurio produce una alta concentración de mercurio en los pulmones, el que es absorbido en su mayor parte (80%). Desde los pulmones el mercurio metálico se distribuye por la sangre y se acumula en altas concentraciones en el cerebro y en los riñones. La piel, el pelo, el hígado, las glándulas salivales, los testículos y los intestinos, muestran también presencia del mercurio, pero en menor cantidad. Los pulmones quedan rápidamente libres de mercurio, lo que no sucede con los otros órganos.

El mercurio metálico atraviesa fácilmente la barrera hematoencefálica y la placenta.

La vida media del mercurio en el organismo puede variar de pocos días hasta varios meses. Los órganos que acumulan el mercurio por más tiempo son el cerebro, los riñones y los testículos. La eliminación del mercurio se hace en pequeña cantidad a través de la exhalación en forma de vapores por las vías respiratorias. La mayor cantidad es eliminada a través de las heces y la orina; pequeñas cantidades se eliminan a través del sudor, el pelo, la saliva y las lágrimas. La mayor parte del mercurio es excretado dentro de 60 días; sin embargo, una pequeña parte del mercurio acumulado en el cerebro puede tardar hasta un año en ser eliminado.

1.2 Sales inorgánicas del mercurio

De estos compuestos, el más común es el cloruro de mercurio (HgCl_2). Estos compuestos son corrosivos y en bajas concentraciones se absorben por la vía gástrica. Las posibilidades más frecuentes de absorción de los compuestos inorgánicos del mercurio son a través de la vía digestiva y en ocasiones también por inhalación. Los compuestos inorgánicos de mercurio presentes en alimentos y en agua se absorben en una baja proporción, 7-8% y 15% de la dosis ingerida, respectivamente.

En la piel causan irritaciones graves y la absorción es importante.

Después de su absorción estos compuestos pasan a la sangre y se distribuyen por igual entre el plasma y los eritrocitos, se unen a proteínas plasmáticas y a grupos sulfhidrilos. La distribución se hace de forma variable según la dosis y el tiempo de exposición. En general gran parte del mercurio inorgánico absorbido queda depositado en los riñones y el resto va a otros órganos que sirven de depósitos, como son el hígado, el tracto intestinal, la piel, el bazo y los testículos.

La afinidad del mercurio metálico y de las sales mercuriales inorgánicas por el riñón se debe a la presencia en él de una proteína de bajo peso molecular -la metalotioneína-, que tiende a unirse muy activamente con el mercurio. Esto puede explicar las diferencias entre las intoxicaciones agudas y crónicas generadas por diversos compuestos mercuriales, como se señala más adelante en el inicio del capítulo CLINICA.

Las sales inorgánicas del mercurio prácticamente no atraviesan la barrera cerebral; sólo trazas pueden alcanzar el cerebro.

La eliminación de estos compuestos se efectúa principalmente a través de las heces y secundariamente por la orina. La vida media ha sido determinada en 42 días para el 80% de lo absorbido, en tanto que para el 20% restante no se ha determinado.

1.3 Compuestos orgánicos del mercurio

Interesan los compuestos que son utilizados en medicamentos, en fungicidas y los derivados de metilmercurio que se encuentran en el ambiente.

Estos compuestos ingresan fácilmente al organismo por las vías respiratoria, digestiva y dérmica. Los compuestos orgánicos del mercurio presentes en alimentos y agua se absorben prácticamente en su totalidad por la vía digestiva.

Una vez absorbidos, se unen a otras sustancias orgánicas - por medio de los grupos sulfhidrilos - tales como aminoácidos, peptinas, cistina y glutatión. En la sangre se concentran en gran cantidad en los eritrocitos (90%). De aquí pasan a acumularse en el cerebro y en los demás órganos del cuerpo, manteniendo incluso una concentración elevada en la sangre.

En el caso del metilmercurio el hígado y el cerebro acumulan la mayor parte del contenido corporal total de este compuesto, con 50% y 10% respectivamente.

Los compuestos orgánicos de mercurio, por su liposolubilidad, atraviesan con facilidad las membranas biológicas. Pasan fácilmente la barrera hematoencefálica y la placenta.

Una gran cantidad de este mercurio absorbido en forma de compuesto orgánico sufre un proceso de desmetilación, el que da origen a una alta concentración de mercurio inorgánico en los riñones y en el hígado. Los aril

y los alcoxialquilmercuriales liberan mercurio inorgánico fácilmente; no obstante, los organomercuriales de cadena corta (metilmercurio) son muy estables y resistentes a la biotransformación.

La eliminación de estos compuestos se efectúa a través de las heces como vía principal y a través de la orina como vía muy secundaria. La vida media en población expuesta se ha calculado de 100 a 190 días.

De los compuestos organomercuriales, el metilmercurio es el que en general recibe una mayor atención, ya que sus características toxicocinéticas lo hacen especialmente tóxico para el organismo humano.

2. Bioacumulación

Los compuestos metilmercuriales se hacen presentes en la cadena alimentaria porque en aquellos lugares en donde hay contaminación, presentan una fuerte tendencia a la bioacumulación en los animales (aves de caza, peces, mariscos, langostinos, aves y mamíferos ictiófagos) y en los vegetales.

3. Interrelación con otras sustancias

El selenio parece interactuar con el mercurio y las proteínas, formando complejos que al final proporcionan una protección al organismo de los efectos del mercurio sobre los riñones e intestinos.

También parecería que la vitamina E interfiere con el efecto tóxico, especialmente del metilmercurio.

El plomo, cuando se asocia al mercurio, mantiene su efecto inhibitor de la delta AAL-deshidratasa. Además, el mercurio, como el plomo, inhibe la delta AAL-deshidratasa.

CLINICA

Las manifestaciones clínicas de las intoxicaciones con este metal pueden ser agudas o crónicas, con carácter local o sistémico.

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

Los muy variados efectos clínicos que produce el mercurio y que se señalan a continuación, especialmente en los cuadros crónicos, deben tenerse presentes para cuando, para los fines de notificación, se elaboren las definiciones de casos y de sospechosos.

Se ha observado que en general tanto las intoxicaciones agudas como las intoxicaciones por sales inorgánicas de mercurio tienden a centrar el daño en el parénquima renal. En cambio, las intoxicaciones subagudas y crónicas así como las intoxicaciones por mercurio metálico y compuestos organomercuriales tienden a dañar preferencialmente al sistema nervioso central. Con el tiempo, el primer conjunto de intoxicaciones ha tendido a ser menos frecuente que el segundo grupo.

La exposición a cantidades potencialmente tóxicas de sales inorgánicas de mercurio ocurre casi exclusivamente en ambientes industriales.

La intoxicación crónica producida por mercurio metálico o por sales inorgánicas de mercurio tradicionalmente ha sido denominada mercurialismo.

En general, el cuadro clínico de la intoxicación aguda y el de la crónica van a depender del tipo de compuesto mercurial, de la intensidad de la exposición (dosis y tiempo) y de la vía de ingreso del mercurio al organismo.

1. Manifestaciones clínicas según el tipo de compuesto

1.1 Mercurio metálico

a) Manifestaciones agudas

Los pulmones son los órganos más afectados cuando ocurre una exposición súbita a altas concentraciones de vapores de mercurio. Estos vapores causan bronquitis y bronquiolitis erosiva con neumonía intersticial, dando origen a un cuadro de edema pulmonar agudo; el paciente puede morir por insuficiencia respiratoria. También se agregan síntomas del sistema nervioso central tales como temblor y excitabilidad.

La ingestión de mercurio metálico tiene pocos efectos sistémicos debido a su muy baja absorción en el tracto gastrointestinal; localmente puede producir un efecto irritativo menor que se puede expresar con diarrea.

b) Manifestaciones crónicas

En el mercurialismo, la sintomatología corresponde a manifestaciones del sistema nervioso central. Estos síntomas están relacionados con el tiempo de exposición y con la concentración de los vapores en el medio. Las manifestaciones más benignas son insomnio, timidez, nerviosismo y mareo. Exposiciones prolongadas producen comúnmente pérdida de la memoria, insomnio, pérdida del autocontrol, irritabilidad y excitabilidad, ansiedad, pérdida de la confianza en sí mismo, somnolencia y depresión. El conjunto de estas manifestaciones recibe el nombre de eretismo. Los casos graves pueden presentar delirio, alucinaciones, melancolía suicida y psicosis maníaco-depresiva.

El temblor es una de las características más representativas del mercurialismo. Se agrava con el tiempo de exposición y al final puede afectar los labios y la lengua. Se puede también generar una especie de fibrilación muscular que impide al individuo escribir. Estos temblores son por intencionalidad, o sea, se desencadenan cuando la persona intenta ejecutar movimientos, especialmente finos, y se interrumpen durante el sueño. Al cesar la exposición, los signos desaparecen paulatinamente, aun cuando no se tenga la certeza de la reversibilidad de los síntomas psiquiátricos.

En la exposición ocupacional, el vapor de mercurio da lugar a una mancha gris-marrón o amarilla sobre la superficie anterior del cristalino.

Se ha descrito también grave daño en los riñones, originando posteriormente insuficiencia renal.

1.2 Sales inorgánicas de mercurio**a) Manifestaciones agudas**

En casos de ingestión accidental o intencional de sales inorgánicas de mercurio, los órganos más afectados son los intestinos y los riñones. La acción corrosiva de estos compuestos sobre la mucosa gastrointestinal ocasiona dolores, vómito y diarrea hemorrágica, con necrosis de la mucosa intestinal. Esto puede llevar al paciente al colapso circulatorio y a la muerte. Si sobrevive, se desarrolla una segunda fase del cuadro, en el cual los órganos más afectados son los riñones, que presentan necrosis de los túbulos proximales y, por lo tanto, se presenta anuria, uremia y finalmente insuficiencia renal, que puede causar la muerte.

b) Manifestaciones crónicas

Los casos de intoxicación crónica por sales inorgánicas de mercurio no son frecuentes; habitualmente se presentan como cuadros asociados a la intoxicación por vapores de mercurio. El cuadro es similar al cuadro crónico descrito para el mercurio metálico. Los órganos más afectados son además los riñones, que pueden presentar nefritis. Otros síntomas son gingivitis, salivación excesiva y aparición de líneas características en las encías. La piel también puede sufrir daños presentando hipersensibilidad y eritema, dermatitis exfoliativa y ulceración.

La tríada estomatitis, temblor y eretismo ha sido tradicionalmente característica de la intoxicación crónica por sales inorgánicas de mercurio.

1.3 Compuestos mercuriales orgánicos

Los compuestos orgánicos del tipo alquilmercuriales generan las mismas manifestaciones, especialmente del sistema nervioso, tanto en los casos

agudos como en los crónicos. Características de este tipo de intoxicación son las alteraciones motoras (temblor, ataxia, etc.) y sensoriales (parestias, estrechamiento del campo visual, ceguera, sordera, etc.). El hecho más relevante que se puede señalar es la intoxicación prenatal, ya que estos compuestos tienen la capacidad de atravesar la barrera placentaria. Los antecedentes clínicos y epidemiológicos disponibles indican que la etapa prenatal es más sensible a los efectos tóxicos del metilmercurio que la etapa adulta.

a) Intoxicación prenatal

La intoxicación prenatal ocasiona una grave lesión encefálica del feto que se expresa después del nacimiento con trastornos motores o sensitivos, convulsiones, ataxia, disartria, temblores y ceguera. Es importante recordar que en estos casos de intoxicación las concentraciones de mercurio encontradas en el feto son mayores que las encontradas en la madre.

b) Intoxicación postnatal

La característica es el surgimiento de síntomas del sistema nervioso central, frecuentemente trastornos de la sensibilidad con parestias en las extremidades distales, lengua y labios. En intoxicaciones graves se observa además ataxia, estrechamiento del campo visual, ceguera y dificultad auditiva. Estos efectos son irreversibles.

Al cuadro neurológico se agregan frecuentemente alteraciones mentales (timidez, irritabilidad, astenia, etc.).

Se han descrito además lesiones renales y del páncreas, resultando las de éste en diabetes mellitus.

El seguimiento de los casos de Japón e Iraq y, más recientemente, los estudios en grupos materno infantiles expuestos a mercurio por medio del pescado en Nueva Zelanda, han permitido reconocer retrasos en el desarrollo y daños neurológicos retardados en niños.

2. Otros datos de interés clínico

Se ha comprobado que algunos compuestos mercuriales orgánicos tienen la capacidad de pasar por medio de la leche materna al niño que se está amamantando.

No existen evidencias de que el mercurio sea carcinogénico en el hombre.

Existen sospechas, por datos recopilados en estudios experimentales, de que la exposición prolongada a compuestos mercuriales puede ser responsable de mutaciones genéticas y de aberraciones cromosómicas.

3. Tratamiento

La naturaleza de este manual, orientado fundamentalmente a la vigilancia epidemiológica, no considera como elemento prioritario la presentación detallada del tratamiento de las intoxicaciones. Los niveles de atención, las responsabilidades de quienes efectúan los tratamientos, las pautas de tratamientos, los criterios para el traslado de enfermos, etc., deberán ser normalizados por los propios servicios de salud. No obstante, a continuación señalamos algunos elementos primarios que se deben tener en cuenta ante el caso de intoxicaciones, especialmente agudas. Para mayores detalles terapéuticos, se recomienda remitirse a la bibliografía presentada en el Anexo 3.

3.1 En caso de ingestión de mercurio metálico o de sus sales inorgánicas, se deben tener en cuenta las siguientes medidas:

- a) Utilizar clara de huevo, leche o carbón activado, por vía oral, para precipitar el mercurio en el estómago.
- b) Inducir el vómito.
- c) Lavado gástrico con claras de huevo o solución acuosa de bicarbonato de sodio al 2 ó 5%.
- d) Administrar una solución de una parte de sulfato de sodio o magnesio en doce partes de agua, si no existe purgación voluntaria.
- e) Inocular solución al 10% de dimercaprol (BAL), por vía intramuscular. Se debe tener precaución con la función renal, que puede sufrir serias alteraciones con esta medida.
- f) Administrar demulcentes y analgésicos, si fuera necesario.
- g) Si sobreviene el colapso, tratarlo con las recomendaciones propias para el caso.
- h) Si sobreviene la insuficiencia renal, tratarla de acuerdo con las medidas pertinentes.
- i) Se debe tener en cuenta el estado nutricional del paciente, principalmente cuando existe un cuadro de colitis persistente.
- j) Mantener la atención en la cicatrización de las heridas del estómago, ya que éstas pueden originar una estenosis cicatricial en los casos de ingestión de sales de mercurio.

3.2 En caso de contacto con los ojos o la piel, se debe lavar con gran cantidad de agua por largo tiempo (15 minutos), hasta que se haya removido por completo el metal.

3.3 En caso de inhalación de gran cantidad del metal, se debe trasladar al individuo a un ambiente con aire fresco y, si es necesario, aplicarle respiración artificial.

3.4 Uso de antídotos:

El uso del antídoto dimercaprol (BAL) está recomendado para el tratamiento de los casos de intoxicación aguda y crónica por compuestos inorgánicos. Se debe en estos casos hacer la adaptación de la dosis, según sea la intensidad de la intoxicación y siempre tomando en cuenta los posibles daños renales que puedan ocurrir. El uso del BAL en intoxicaciones con compuestos orgánicos alquilderivados está contraindicado, ya que facilita la solubilidad y distribución de ellos en el tejido nervioso. Se recomienda, en cambio, por no producir este efecto adverso, un derivado del BAL, el unithiol (2,3-dimercaptopropansulfonato); además, es eficaz en el tratamiento del mercurialismo ocupacional.

El uso de la penicilamina como antídoto quelante presenta ventajas en relación con el BAL, ya que es eficaz por vía oral, es menos tóxica y es efectiva en el tratamiento de la intoxicación. Es más usada en intoxicaciones crónicas. Además, parece ser efectiva en el tratamiento de las intoxicaciones con metilmercurio.

Autores japoneses recomiendan el uso de mercaptopropionilglicina en el tratamiento de intoxicación por compuestos orgánicos de mercurio.

También se recomienda administrar en la dieta, a modo de fijador, una

resina de poliestireno que tiene grupos sulfhidrúlicos, para retener el mercurio excretado por la bilis y evitar así su reabsorción.

En líneas generales, cuanto más precoz es el tratamiento con antidotos de la intoxicación mercurial, mejores son los resultados que se obtienen.

MONITOREO

La actividad de monitoreo apunta a recolectar datos que puedan contribuir al diagnóstico o a la evaluación epidemiológica de una determinada situación asociada a la contaminación mercurial.

En un programa de vigilancia de las intoxicaciones por mercurio se pueden desarrollar tanto actividades de monitoreo biológico como de monitoreo ambiental.

1. Monitoreo biológico

Los indicadores más utilizados en las evaluaciones de exposición al mercurio, son las determinaciones de sus concentraciones en sangre, orina y pelo. No obstante, la determinación del mercurio en sangre no representa un valor útil de correlación cuando los compuestos involucrados son sales inorgánicas de mercurio. Con los compuestos alquimercuriales, en cambio, se ha encontrado una mejor correlación entre mercurio en sangre y exposición reciente. Además, el nivel de mercurio en la orina es importante para evaluar la exposición reciente de individuos y no parece tener tanto valor para monitorear la exposición prolongada. La orina no es confiable para evaluar la exposición al metilmercurio.

Las muestras de cabello están siendo cada vez más utilizadas para determinar en poblaciones generales la exposición a metilmercurio en la dieta.

Otro indicador es la determinación del mercurio en muestras de riñón obtenidas mediante autopsia.

Las concentraciones usuales de mercurio encontradas en el organismo humano son las siguientes:

- en sangre: 5 ug/l
- en orina : 0,5 ug/l
- en pelo : 2 ug/g

Es importante tener presente que en el uso de pruebas biológicas, tanto específicas para el metal como otras para detectar modificaciones fisiopatológicas asociadas, existe el riesgo de que aparezcan resultados falsos positivos y resultados falsos negativos. Estos pueden ser causados tanto por factores asociados al control de calidad en el análisis de laboratorio (manipulación de muestras, sensibilidad de técnicas, etc.), como por enfermedades o estados biológicos no asociados. Las posibilidades de contaminación o de alteración de la muestra son mucho mayores en caso de orina que de sangre.

2. Monitoreo ambiental

Las actividades de monitoreo ambiental comprenden:

- Identificación y selección de lugares en el ambiente en donde se tomarán las muestras (plan de obtención de muestras).
- Recolección de muestras.
- Análisis de laboratorio.
- Interpretación y aplicación de resultados.

Específicamente para el mercurio las muestras ambientales que se pueden programar son las de aire, suelo, agua y alimentos.

Los métodos de monitoreo ambiental varían según el tipo de contaminación existente. Así, en los sitios cerrados, en los que la cantidad de vapor de mercurio es grande, la obtención de muestras de aire es de fundamental importancia para conocer las concentraciones a las cuales están expuestos los trabajadores; en cambio, para poblaciones generales cercanas a fuentes de contaminación, deben tomarse además del aire, muestras de agua y de suelo.

La toma de muestras de suelo debe ser hecha en los ángulos y en el centro de áreas de 20x20 m. Deben tomarse muestras de la superficie (0-10 cm) y de suelo profundo (10-20 cm), de 1 kg cada una.

La toma de muestra de agua debe ser hecha en envases apropiados de capacidad mínima de un litro, limpios, libres de otros metales y otras sustancias químicas que reaccionen con el mercurio.

Respecto del aire, se debe utilizar filtros de alto volumen con un mínimo de 24 horas de recolección.

Respecto de los alimentos, se debe seleccionar distintos tipos de alimentos, principalmente pescados, mariscos y otros alimentos de origen acuático. Se puede verificar la cantidad de mercurio por separado en la superficie, en la profundidad o en el homogeneizado de tales alimentos.

Otra manera de completar el monitoreo ambiental, es la utilización de centinelas biológicas, o sea, organismos vivos sensibles a la sustancia que se quiere observar y que experimenten cambios precoces y visibles en función del aumento de la concentración del metal en dichos organismos. Son excelentes indicadores el mejillón (*Mytilus edulis*), el ostión (*Crassostrea sp.*), los líquenes, los musgos y las algas.

3. Análisis toxicológico

El análisis toxicológico comienza con la obtención de las muestras. A continuación se señalan algunas recomendaciones respecto de la recolección del material biológico:

a) Sangre

Para la recolección de la sangre es necesario que la piel esté bien limpia. Para esto es recomendable utilizar algodón impregnado con etanol al 70%. Se deben recolectar unos 10 ml de sangre en un recipiente de plástico o de vidrio, lavado previamente con ácido, con 0,1 ml de solución de sodio al 10% o sal potásica del ácido etilendiaminotetraacético (EDTA), como anti-coagulante. La sangre puede almacenarse apropiadamente bajo congelación, siempre que el mercurio sólo se determine en sangre total.

b) Orina

La recolección de orina debe ser hecha directamente en un envase de plástico o vidrio (materiales sin metales), lavado previamente con ácido, de aproximadamente 250 ml de volumen. Con fines de una mayor precisión y cuando es posible, se recomienda la recolección de orina de 24 horas. En su defecto se recomienda efectuar una corrección de la dilución ya sea por gravedad específica o por creatinina. La muestra debe ser guardada en congelador hasta su utilización en el análisis.

c) Pelo y riñón

El material debe ser extraído con aparatos de acero y debe ser guardado en envases de plástico o de vidrio sin metales, para que se garantice que no haya contaminación por éstos. La muestra de riñón debe ser congelada hasta su utilización para el análisis.

Puede usarse la espectrofotometría de absorción atómica o el método colorimétrico con ditizona, que es de menor sensibilidad y que fue ampliamente utilizado en el pasado. Sin embargo, el método más utilizado en la determinación del mercurio total en muestras ambientales y biológicas es la absorción atómica, sin flama, técnica que es rápida y sensible. Otras técnicas, como la activación de neutrones, son utilizadas en situaciones específicas donde hay interés en conocer con más precisión la cantidad de los compuestos de mercurio presentes en la muestra.

El detalle de los métodos analíticos recomendados puede consultarse en las publicaciones señaladas en el Anexo 3, aun cuando puede ser necesario esbozar lo más característico para diversos tipos de material.

Para aire, agua, suelos y alimentos la reacción química utilizada es la misma, sólo que se usan el lavado del filtro, el sedimento del agua, el lavado del suelo y el triturado de alimentos, respectivamente.

La toma de muestras requiere cuidadosa consideración de los errores derivados de la recolección, el almacenamiento, el transporte y la utilización de instrumentos. Los errores más comunes son la contaminación de la muestra, la pérdida de mercurio por adsorción en las paredes del envase, la volatilización del mercurio y los problemas con la calibración de los instrumentos. Parece conveniente recomendar y cuando ello es posible según las condiciones locales, tanto para las muestras biológicas como para las muestras ambientales, la inclusión de por lo menos una muestra adicional de control con el objeto de evaluar las posibilidades de contaminación. Esto es especialmente válido para las muestras biológicas cuando se esperan bajas concentraciones del metal en ellas.

Las concentraciones de mercurio encontradas en los alimentos permiten establecer una relación directa entre ellos y las concentraciones que se alcanzan en la sangre. En personas que no están expuestas profesionalmente y no suelen consumir pescado, los niveles de mercurio en la sangre son inferiores o próximos a 5 ug/l. El consumo moderado de pescado puede dar niveles hemáticos de 10-20 ug/l. Los grandes consumidores de pescado pueden tener valores próximos o superiores a 100-200 ug/l. En un estudio hecho en Perú en 1979 se encontró un promedio de metilmercurio en sangre de 82 ug/l en una población altamente consumidora de pescado en comparación con un promedio de 10 ug/l que presentó una población control que consumía aproximadamente una quinta parte de la cantidad de pescado que la primera.

El consumo de pescado también altera los valores observados en el pelo; cuando este consumo no es grande, los valores encontrados no pasan de algunos mg/kg, pero, cuando es elevado, puede subir hasta 20-50 mg/kg de pelo o más.

El nivel de mercurio en la orina en sujetos no expuestos parece ser de unos 0,5 ug/l o menos. Estos niveles no son modificados con el consumo de pescado ya que el mercurio en los peces se encuentra en la forma de metilmercurio, cuya principal eliminación es por las heces.

LIMITES DE EXPOSICION¹

Los límites de exposición ambiental general para el mercurio se basan en la correlación dosis/efecto y la correlación dosis/respuesta observadas principalmente en lo sucedido en Minamata y Niigata, Japón, en lo sucedido en la epidemia de Iraq y más recientemente en grupos indígenas del Canadá expuestos prolongadamente a metilmercurio a través del consumo de pescado.

Los problemas de la exposición ocupacional y de límites de exposición en el área ocupacional se remontan al año 1700, cuando los habitantes de la Villa de Finale, en Italia, inician una acción judicial contra una industria de cloruro de mercurio y desde entonces tales tópicos se han desarrollado hasta hoy, cuando ya se han establecido límites bien definidos.

1. Límites ocupacionales

Los límites establecidos en exposición ocupacional toman en cuenta no sólo la concentración en el aire de la sustancia o del producto, sino también consideran otros factores como la utilización de equipos de protección individual y las medidas de higiene industrial. Así, la no utilización de los equipos de protección o la aplicación de medidas de higiene inadecuadas, cambian de sobremanera la importancia, la aplicación y la interpretación de los límites establecidos. Además, mantener las concentraciones aéreas en los niveles recomendados o por debajo de ellos, no quiere decir que no habrá riesgo para los trabajadores, ya que aquello sólo significa que el riesgo está controlado a niveles mínimos. Por lo tanto, es importante manejar los límites de forma tal que se puedan alcanzar las menores concentraciones posibles para obtener las mayores garantías para el trabajador, quien además debe estar bajo control periódico respecto de los niveles de mercurio en el organismo.

Para el mercurio inorgánico y sus compuestos y para arilmercuriales:

TWA: 0,1 mg/m³ (ACGIH y OSHA)
TWA: 0,05 mg/m³ (NIOSH) (OMS)

Para vapor de mercurio:

TWA: 25 ug/m³ (OMS)
TWA: 0,05 mg/m³ (ACGIH)
STEL: 500 ug/m³ (OMS)

¹ Ver previamente Anexo 4.

Para compuestos orgánicos (alquilmercuriales):

TWA: 0,01 mg/m³ (ACGIH y OSHA)

2. Límites ambientales

El establecimiento de los límites ambientales generales está de acuerdo con los niveles que se han verificado en varias partes del mundo en donde no se han relatado efectos en la salud de la población expuesta. A diferencia de los límites ocupacionales que han sido objeto de estudios de variada naturaleza y de constantes evaluaciones, los límites ambientales generales todavía necesitan mayores estudios y evaluaciones. Así, con el transcurso del tiempo, éstos podrán sufrir alteraciones importantes, debido a nuevos hallazgos o a cambios en las condiciones en que hoy se presenta el mercurio.

En el aire urbano: inferior a 15 ug/m³ (OMS)

En el agua potable: 1 ug/l (OMS)

En el agua de río: 0,2 ug/l

En el agua de mar: 0,3 ug/l

En alimentos:

- en general inferior a 60 ug/kg
- en pescados de agua dulce, inferior a 200 ug/kg
- en pescados de mar, inferior a 150 ug/kg, con excepción de grandes especies carnívoras como el pez espada y el atún, que pueden tener normalmente de 200 a 1 500 ug/kg.
- la ingestión diaria de mercurio, orgánico e inorgánico, en alimentos en general es inferior a 20 ug por día; la ingesta semanal tolerable por persona adulta está establecida en 0,3 mg, dentro de la cual el metilmercurio no debe sobrepasar las dos terceras partes (FAO/OMS); dado que la recomendación de FAO/OMS se refiere a adultos, alternativamente se expresa dicha recomendación en 5 ug/semana y por kg de peso corporal de mercurio total, cifra dentro de la cual el metilmercurio debe ser de 3,3 ug, todo lo cual permite considerar a los niños.

3. Índices biológicos de exposición recomendados

En relación al mercurio se dispone de suficientes antecedentes como para recomendar la aplicación de métodos de monitoreo biológico que permitan detectar ya sea una dosis interna excesiva o bien la carga corporal de la sustancia.

a) Mercurio en sangre:

- Límite de tolerancia biológica (LTB) para derivados inorgánicos: 3 ug/100 ml.
- Límite de tolerancia biológica (LTB) para metilmercurio: 10 ug/100 ml (signos precoces de intoxicación aparecen ya a los 20 ug/100 ml).

b) Mercurio en orina: Límite de tolerancia biológica (LTB) para derivados inorgánicos y mercurio metálico de 50 ug/g de creatinina.²⁻³

c) Mercurio en saliva (derivados inorgánicos): presenta correlación con las concentraciones de mercurio en sangre y en orina.

d) Mercurio en pelo: indicado para evaluar la exposición en el ambiente general, especialmente a metilmercurio; no recomendable, en cambio, para evaluaciones de exposiciones ocupacionales a vapor de mercurio. La concentración de 6 ug Hg/g pelo equivale a la ingesta de metilmercurio semanal tolerable provisional establecida por la OMS. Signos de intoxicación en población general expuesta a alquilmercuriales ya aparecen con un nivel de mercurio en pelo de 50 ug/g. No obstante, conviene destacar que pueden haber efectos en el feto por exposición prenatal a estos compuestos con concentraciones de mercurio en pelo en la madre por sobre 20 ug/g. En general las concentraciones de metilmercurio en pelo son proporcionales a las concentraciones sanguíneas, siendo las del pelo unas 250 veces mayor que la concentración sanguínea simultánea.

² La relación entre la cantidad de una determinada sustancia por gramo de creatinina corresponde a la expresión de un método de corrección aplicado a muestras de orina muy concentrada u orina muy diluida, obtenidas ante la imposibilidad práctica de recolectar orina de 24 horas.

³ Recordar que el metilmercurio que puede haber ingresado al organismo no se elimina por la orina.

VIGILANCIA EPIDEMIOLOGICA

Además de lo presentado en el capítulo MONITOREO, a continuación se señalan algunos aspectos relevantes relacionados con las actividades orientadas a estructurar un sistema de vigilancia epidemiológica de los efectos derivados de la exposición al mercurio.

Tanto para revisar los conceptos epidemiológicos que se tratan en esta ocasión como para considerar procedimientos y estrategias en esta área, se recomienda remitirse al manual sobre elementos básicos para la vigilancia epidemiológica, Serie Vigilancia No. 1, del Centro Panamericano de Ecología Humana y Salud. No obstante, algunos aspectos resumidos sobre la materia se presentan en el Anexo 5.

1. Fuentes de contaminación

La información relacionada con la identificación y la evaluación de las fuentes de contaminación debe ser obtenida a partir de las instituciones que, por su naturaleza o actividad, normalmente poseen o recolectan este tipo de información o información relacionada. Estas instituciones pueden proporcionar información relativa a:

- Datos sobre minas, industrias y actividades agrícolas que trabajan con mercurio.
- Mediciones de contaminantes ambientales en grandes centros urbano-industriales o urbano-mineros.
- Datos sobre contaminación de aguas por efluentes industriales.
- Medicamentos con contenido mercurial que se elaboran o expenden localmente o en el país.
- Cantidades de mercurio que se consumen en las actividades odontológicas.
- Cantidades de pescado consumidas por las diferentes comunidades.

2. Identificación de las poblaciones expuestas y de las poblaciones de alto riesgo

En este rubro interesa identificar las poblaciones en relación a su actividad laboral, tipo de exposición, edades, sexo, su distribución geográfica respecto de las fuentes contaminantes, los servicios médicos a los que están afiliadas o concurren, así como la prevalencia de algún tipo de condición nutricional o patológica que las hagan más susceptibles al mercurio.

3. Definición de expuestos y casos

Las definiciones en este nivel son de fundamental importancia en la estructuración de un sistema de vigilancia, ya que permitirán efectuar la más exacta identificación posible de los efectos en la salud causados por el agente ambiental.

Los responsables de un sistema de vigilancia epidemiológica deben evaluar rigurosamente los antecedentes locales del problema, así como la disponibilidad de recursos, especialmente de laboratorio, los que en gran medida condicionarán las definiciones de casos, de sospechosos y de expuestos y con las cuales se trabajará. Los efectos crónicos de la intoxicación por metales pueden ser muy diversificados, no obstante, es posible que localmente exista una mayor prevalencia de un cierto tipo de efecto que de otro. Esto, por ejemplo, es un elemento condicionante de la definición de caso.

Por otro lado, dado el desarrollo restringido de los recursos tecnológicos que en general existe en el medio latinoamericano, al elaborar estas definiciones se debe poner especial prioridad, primero, en los elementos clínicos y en los antecedentes epidemiológicos y, luego, en pruebas de laboratorio simples.

Como complemento práctico de las definiciones, es recomendable que en los niveles donde se diagnostican las diversas manifestaciones de intoxicaciones agudas y crónicas, exista un amplio conocimiento, mediante material impreso, de la multiplicidad de afecciones, síntomas y signos que el metal puede provocar, así como de los niveles del metal en sangre, orina, etc., que se consideran compatibles con la intoxicación.

Para los fines de un sistema de vigilancia epidemiológica relacionado con la exposición al mercurio se considerarán las siguientes definiciones:

Caso:

Enfermo con antecedentes de exposición al mercurio que presenta síntomas y signos de carácter agudo o crónico y alteraciones en exámenes de laboratorio que son compatibles con la intoxicación por mercurio.

Sospechoso:

- a) Persona sin síntomas ni signos de enfermedad atribuible al mercurio, que presenta antecedentes de exposición ocupacional, ambiental o medicamentosa al mercurio.⁴
- b) Persona sin síntomas ni signos de enfermedad atribuible al mercurio, con antecedentes de exposición al mercurio y con niveles de mercurio en sangre y/o en orina por sobre los valores considerados como normales.
- c) Persona sin síntomas ni signos de enfermedad atribuible al mercurio, sin antecedentes de exposición al mercurio y con niveles de mercurio en muestras biológicas⁵ por sobre los valores considerados como normales.

Expuesto ocupacionalmente:

Trabajador que está rutinariamente en contacto en su lugar de trabajo con el mercurio o sus compuestos.

⁴ Considerar de entre la población de alto riesgo a los grupos a), b), c), d) y e) del ítem 3, página 10.

⁵ Se refieren específicamente a muestras de sangre, orina y pelo.

Expuesto ambientalmente:

- a) Persona que permanece rutinariamente en lugares (hogar, escuela, trabajo no relacionado con mercurio) cercanos o vecinos a fuentes emisoras de mercurio o sus compuestos⁶.
- b) Habitante de zonas o ciudades con altos niveles de contaminación ambiental por mercurio.
- c) Persona que tiene por hábito dietético consumir pescado en grandes cantidades.
- d) Persona sometida a tratamientos medicamentosos prolongados con fármacos que contienen mercurio.

4. Fuentes de información médica

La información sobre casos y defunciones por enfermedades atribuibles al mercurio puede obtenerse de diversas entidades:

- Servicios médicos de empresas que tienen o usan el mercurio en sus procesos.
- Servicios de salud ocupacional.
- Servicios de atención médica general.
- Hospitales generales.
- Servicios clínicos especializados: neurología, psiquiatría, nefrología, oftalmología, dermatología y neumología.
- Servicios de salud pública.
- Servicios de epidemiología.
- Institución de estadísticas vitales (certificados de defunción).

5. Enfermedades asociadas

Existen varios diagnósticos que pueden estar asociados a la intoxicación por mercurio, en general relacionados con el tipo de compuesto mercurial:

- a) Con mercurio metálico:
 - Bronquitis aguda
 - Catarata
 - Edema pulmonar agudo
 - Insuficiencia renal crónica
 - Mercurialismo
 - Neumonía intersticial
 - Síndrome de compromiso nervioso central
- b) Con sales inorgánicas de mercurio:
 - Ceguera
 - Dermatitis exfoliativa
 - Eretismo
 - Gastroenteritis aguda de tipo químico y colapso
 - Gingivitis
 - Mercurialismo
 - Nefritis crónica

⁶ Tener presente las poblaciones rurales vecinas o relacionadas con actividades agrícolas que usan semillas tratadas con mercurio o plaguicidas mercuriales.

- Nefritis e insuficiencia renal agudas
 - Síndrome neurológico central
 - Síntomas y signos psiquiátricos diversos
- c) Con compuestos orgánicos de mercurio:
- Daño cerebral fetal (síndrome de parálisis cerebral)
 - Síndrome neurológico similar a la esclerosis lateral amiotrófica.

6. Acciones específicas

Se señalan algunas acciones precisas recomendables para poner en práctica ante evidencias en una comunidad de altas tasas de incidencia o de prevalencia de enfermedades asociadas al mercurio o ante un aumento de ellas:

- Identificar y cuantificar la(s) fuente(s) y proceso(s) contaminante(s) más importante(s). Al respecto conviene señalar que las fuentes y procesos de contaminación por mercurio son predominantemente antropogénicos y que interesa, entre otros aspectos, identificar las situaciones relacionadas con compuestos orgánicos mercuriales, por representar un importante riesgo para las poblaciones generales.
- Medir regularmente las concentraciones de mercurio en algunos medios seleccionados según las circunstancias (agua, aire, alimentos, etc.).
- Ampliar la identificación de casos y defunciones de las enfermedades asociadas al mercurio.
- Determinar concentración de mercurio en sangre u orina en grupos sospechosos y en poblaciones reconocidamente expuestas.
- Evaluar la importancia relativa que localmente pueda tener la participación del metilmercurio en la situación detectada, teniendo presente las características especiales que este compuesto tiene en su comportamiento en el ambiente y en el organismo humano.

PREVENCIÓN Y CONTROL

1. A nivel ocupacional

Las medidas de prevención a nivel ocupacional son actividades que deben ser observadas para que no sufra daños en su salud el individuo que en su trabajo se va a exponer al mercurio. A continuación se señalan las más trascendentes:

- a) Tratar como contaminante del medio todo material que contenga mercurio.
- b) Mantener seguros los ambientes de trabajo de acuerdo a las normas de seguridad industrial.
- c) Aplicar rigurosamente medidas de saneamiento básico industrial.
- d) Prohibir comer o fumar en los ambientes contaminados.
- e) Desarrollar programas educativos e informativos.
- f) Exigir medidas de protección individual adecuadas:
 - Ropas impermeables y suficientemente protectoras.
 - Protector de ojos (lentes con tapas) y de la piel.
 - Uso de filtros y equipos apropiados para evitar la exposición al vapor de mercurio (máscaras especiales).
 - Limpieza o cambio diario de las ropas utilizadas.
- g) Debe haber duchas y exigir que el trabajador se bañe con jabón o detergente al final del día, principalmente las partes expuestas.
- h) Debe haber una ducha especial para lavar los ojos en caso de contaminación.
- i) Controlar periódicamente los niveles de mercurio en la sangre y en la orina; en pelo hacerlo por lo menos anualmente.
- j) Controlar las concentraciones de mercurio en el ambiente de trabajo.
- k) Promover algunas recomendaciones elementales para el manejo higiénico del mercurio en la práctica profesional odontológica (ver anexo 6).
- l) Principales elementos que debe considerar el médico que controla a los trabajadores expuestos:
 - Historia general de salud.
 - Historia ocupacional para verificar exposiciones anteriores.
 - Historia respiratoria.
 - Historia neurológica.
 - Historia renal.
 - Examen de admisión y exámenes periódicos.
 - Funciones renales y pulmonares.
 - Rayos X del pulmón.
 - Pruebas de la capacidad visual (campimetría).
 - Cuando el trabajador utiliza máscara, debe hacerse un electrocardiograma para evaluar las funciones cardíacas.

- Especial atención al trabajador que fuma, ingiere bebidas alcohólicas o está expuesto a otros agentes tóxicos.
- m) Establecer la incapacidad temporal del trabajador intoxicado, condicionada ésta por la disponibilidad del tratamiento adecuado.

Para establecer la periodicidad con que se debe controlar el nivel del metal en los distintos componentes del organismo humano, se deben tener en cuenta las características locales respecto de al menos los siguientes factores:

- condiciones generales de trabajo
- toxicidad de la sustancia
- niveles de la sustancia en el ambiente
- intensidad de la exposición
- frecuencia en la exposición
- grado de protección personal

La frecuencia del control mencionado tenderá a ser más alta a medida que este conjunto de factores sea más desfavorable para el individuo. La experiencia general demuestra que, en el mejor de los casos, aparte del examen de admisión, se debe hacer al menos controles anuales. En situaciones adversas se puede llegar a controles mensuales.

2. A nivel general

Las medidas generales de prevención tienen como objetivo poner bajo control las situaciones que signifiquen un riesgo para las poblaciones expuestas:

- Identificar las principales fuentes antropogénicas emisoras de mercurio existentes localmente. Cuantificar sus emisiones y considerar las medidas de regulación y control que se puedan aplicar, tales como tratamientos de los efluentes.
- Mantener rigurosa vigilancia sobre la eliminación de los desechos de las industrias, principalmente de aquéllas que utilizan combustibles fósiles o trabajan con mercurio en la formulación de sus productos.
- Proponer la búsqueda de sustitutos para el uso del mercurio en la agricultura y la industria de papel.
- Determinar periódicamente las concentraciones de mercurio en el agua, principalmente en aquélla para el abastecimiento público y para uso industrial.
- Mantener vigilancia en cuanto a los efectos ecológicos del mercurio (centinelas biológicos).
- Evaluar las concentraciones de mercurio en los alimentos, principalmente en pescados y en aquéllos que en su cultivo se utilicen compuestos mercuriales.
- Discontinuar o restringir la fabricación, la importación y el uso de plaguicidas a base de mercurio, muy especialmente aquéllos a base de metilmercurio.
- Evaluar la absorción diaria por parte de los individuos basada en las concentraciones encontradas localmente en alimentos, agua y aire.
- Medir regularmente las concentraciones de mercurio en aire de zonas residenciales vecinas a fuentes de contaminación.

- Dar prioridad a medidas orientadoras y educativas de instituciones y de la comunidad de mayor riesgo respecto al almacenamiento, distribución y uso de semillas tratadas con plaguicidas mercuriales, si esto ocurre localmente. Especial preocupación debe darse a reducir el movimiento internacional de tales semillas
- Establecer normas sobre contenido de mercurio en los alimentos, especialmente de contenido de metilmercurio en pescados.

ANEXOS

ANEXO 1

PRINCIPALES FORMAS DE PRESENTACION DEL MERCURIO

CUADRO 1

PRINCIPALES MINERALES QUE CONTIENEN MERCURIO

Arquerita
Barcenita
Bordocita
Calomel
Cinabrio
Coccinita
Coloradoita
Eglestonita
Amalgama dorada
Guadalcazarita
Hermecita
Idrialita
Iodargirita
Kalgoorlita
Kleinita
Kongsbergita
Lehrbachita
Leviglianita
Livingstonita
Magnolita
Metacinabrio
Montroydita
Moschellandsbercita
Mosecita
Onofrita
Potarita
Schwarzita
Terlinguaita
Tiemannita
Tocornalita

Fuente: Goldwater, J.L., and Stopford, W. Mercury, In J.M.A. Lenihan, and W.W. Fletcher (Eds.). The Chemical Environment. Glasgow: Blackie, 1977. p. 38.

CUADRO 2

PRINCIPALES FORMAS Y COMPUESTOS INORGANICOS Y
ORGANICOS DEL MERCURIO

1. Mercurio metálico (Hg^0):
 - líquido
 - vapor

2. Compuestos inorgánicos de mercurio (combinaciones con Cl, N, O y S)¹:
 - cloruro mercurioso: HgCl (calomel)
 - cloruro mercúrico: HgCl_2
 - óxido mercúrico: HgO
 - sulfuro mercúrico: HgS (cinabrio)
 - nitrato de mercurio: $\text{Hg}(\text{NO}_3)_2$
 - sulfato de mercurio: HgSO_4
 - perclorato de mercurio: $\text{Hg}(\text{ClO}_4)_2$
 - cianato de mercurio: $\text{Hg}(\text{CNO})_2$ (fulminato)
 - hidróxido de mercurio: $\text{Hg}(\text{OH})_2$

3. Compuestos orgánicos de mercurio²:

Obedecen a la fórmula básica R-Hg-X , en donde R es un radical orgánico y en donde X puede ser una sustancia orgánica o inorgánica con hidrógeno disociable. Ejemplos de X son los siguientes:

 - Radicales inorgánicos ácidos: cloruro, bromuro, cianuro, fosfato.
 - Radicales orgánicos ácidos: acetato, benzoato, salicilato.
 - Amidas: urea, tiourea, formamida, diciandiamida.
 - Fenoles: pentaclorofenol, 8-hidroxiquinolinato.
 - Mercaptidos: 2,3-dihidroxipropilmercaptido.

¹ En general de los compuestos mercuriales los de menor uso relativo.

² Son los compuestos mercuriales de mayor uso relativo.

3.1 Aril derivados:

- Compuestos de fenilmercurio ($C_6H_5Hg^+$), tales como acetato y nitrato³.
- Compuestos de p-tolilmercurio ($CH_3C_6H_4Hg^+$).

3.2 Alquil derivados:

- Compuestos de metilmercurio (CH_3Hg^+), tal como cloruro³.
- Compuestos de etilmercurio ($C_2H_5Hg^+$), tal como cloruro³.
- Compuestos de isopropilmercurio, tal como hidróxido³.

3.3 Alcoxialquil derivados:

- Compuestos de metoxietilmercurio ($CH_3OC_2H_4Hg^+$), tales como silicato y acetato³.
- Compuestos de etoxietilmercurio ($C_2H_5OC_2H_4Hg^+$).

³ Son plaguicidas.

ANEXO 2
 PRODUCCION DE ALGUNOS METALES EN LATINOAMERICA, 1983 (1)
 (TON METRICAS/AÑO)

País	Arsénico	Cadmio	Cromo	Manganeso	Mercurio	Plomo (2)	Plomo (3)	Plomo (4)
Argentina		19	169	30 000		32 000	16 000	14 000
Bolivia	107	143		88		11 838		
Brasil		189	829 000	2 100 100		18 000	20 581	28 939
Chile				26 050		1 679		
Colombia				20 000		390		
Cuba			32 000					
Ecuador		0,4						
Guatemala						100		
Honduras		161						
Jamaica								1 000
México	4 557	1 983		483 004	221	184 261	162 461	35 000
Perú	1 110	1 081				212 600	67 734	
Rep. Dominicana					1,6			
Trinidad Tobago								2 000
Total Mundial	25 276	17 244	8 085 000	22 433 000	6 498	3 324 000	3 204 000	2 025 000
Total Latino- américa y Car- ribe	5 774	3 579	861 169	2 659 142	222,6	480 158	266 776	80 939
% Latinoamérica y Caribe sobre Total Mundial	23	21	11	12	3	14	8	4

(1) Fuente: Minerals Yearbook, U.S. Dept. of the Interior, Washington, 1984,

(2) Plomo de minería

(3) Plomo de refinación primaria

(4) Plomo de refinación secundaria

ANEXO 3

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS SOBRE ASPECTOS CLINICOS Y TERAPEUTICOS DE LAS INTOXICACIONES POR METALES Y SOBRE ASPECTOS ANALITICOS PARA LA DETERMINACION DE METALES

1. Aitio, A.; et al. Control de calidad en laboratorios de toxicología ocupacional. México, MX: ECO (Metepec), 1986, 94 p.
2. American Public Health Association. Standard methods for the examination of water and wastewater. Washington, D.C., US: APHA; American Water Works Assoc; Water Pollution Control Federation, 1976, 14th ed., 1193 p.
3. Azevedo, F.A. de y Colaccioppo, S. Guía sobre las necesidades mínimas para un laboratorio de ecotoxicología. México, MX: ECO (Metepec), 1986, 39 p.
4. Casarett, L.J. Casarett and Doull's toxicology; the basic science of poisons. New York, US: MacMillan, 1980, 778 p.
5. Desoille, H.; et al. Précis de médecine du travail. París, FR: Masson, S.A., 1980, 999 p.
6. Dreisbach, R.H. Handbook of poisoning; prevention, diagnosis and treatment. Los Altos, CA, US: Lange Medical Publications, 1980, 578 p.
7. Frieberg, L.; et al. Handbook on the toxicology of metals. 2a. ed. Amsterdam. NL: Elsevier/North-Holland Biomedical, 1986. 2v. (1080 p.)
8. Gosselin, R.; et al. Clinical toxicology of commercial products. Baltimore, MD, US: Williams & Wilkins, 1976, 79 p.
9. International Labour Office. Encyclopaedia of occupational health and safety. Geneva, CH: ILO, 1983, 2 v.
10. Matthew, H. Treatment of common acute poisonings. Edinburgh, UK: Churchill Livingstone, 1979.
11. Mendes, R. Medicina do trabalho e doenças profissionais. Sao Paulo, BR: Sarvier, 1980.
12. Mitra, S. Mercury in the ecosystem; its dispersion and pollution today. Switzerland, CH: Trans Tech Publications, 1986, 339 p.
13. Organización Panamericana de la Salud. Manual clínico sobre sustancias tóxicas; tratamiento de emergencia en caso de intoxicación con venenos empleados contra plagas. Washington, D.C., US: OPS, 1966, 133 p. (Publicación Científica; 143).
14. Organización Panamericana de la Salud. Mercurio. Washington, D.C. US: OPS; OMS, 1978, 148 p. (Publicación Científica; 362), (Criterios de Salud Ambiental; 1).
15. Patty, F.A. Patty's industrial hygiene and toxicology. New York, US: John Wiley & Sons, 1978.
16. Pereira Bastos, M.E. y Nefussi, M. Aspectos toxicológicos de agentes químicos. México, MX: ECO (Metepec), 1986, 114 p.
17. Stern, A.C. Air pollution v. 3; measuring, monitoring and surveillance of air pollution. New York, US: Academic, 1976, 799 p.
18. Wintrobe, M.M.; et al. (eds.). Harrison's principles of internal medicine, v.2. New York, US: McGraw-Hill, 1970, p. 1080-2016.

ANEXO 4

LIMITES PARA CONCENTRACIONES DE SUSTANCIAS QUIMICAS EN EL AMBIENTE OCUPACIONAL Y EN EL ORGANISMO

Valores umbrales límites

Estos límites, desarrollados originalmente bajo el concepto de "valor umbral límite"¹, se refieren a "la concentración de sustancias químicas en el aire de los lugares de trabajo, por debajo de cuyo valor casi todos los trabajadores pueden estar expuestos periódicamente sin presentar efectos adversos"².

Estos valores han sido establecidos en diversos países para unos 500 compuestos y en muchos de aquéllos han sido incorporados a la legislación. Sin embargo, los criterios para definir estos valores no son uniformes entre los países y, por lo tanto, varían sustancialmente de un país a otro. Esta situación es responsable de que también reciban nomenclatura diferente y según esto pueden denominarse "valor umbral límite" (TLV) o "concentración máxima permisible" (MAC)³.

Estos límites se han fijado primordialmente a partir de la experimentación con animales de laboratorio y, con menos frecuencia, sobre la base de estudios epidemiológicos en trabajadores expuestos ocupacionalmente a un determinado compuesto químico.

En la práctica estos límites están siendo revisados periódicamente a la luz de la experiencia ocupacional y de la investigación científica, lo que ha llevado a un progresivo descenso de los valores inicialmente considerados inofensivos para el trabajador, o sea, estos valores se han hecho más estrictos.

Para los agentes químicos estos valores se expresan en partes del compuesto por millón de partes de aire (ppm) o bien miligramos del compuesto por metro cúbico de aire (mg/m³).

Se distinguen tres tipos de TLV's:

1. Valor promediado (TWA)⁴: es la concentración media del compuesto para una jornada de 8 horas diarias, en que el valor promediado de todas las mediciones no debe sobrepasar el valor de este TLV-TWA.
2. Valor techo (C)⁵: es un valor que nunca debe ser sobrepasado durante la jornada de trabajo. Este valor se utiliza para compuestos particularmente tóxicos o que tienen efectos carcinogénicos, teratogénicos o mutagénicos.

¹ El término "valor umbral límite" derivó del término inglés "threshold limit value" (TLV).

² THRESHOLD LIMIT VALUE, for Chemical Substances and Physical Agents in the Work Environment and Biological Exposure Indices with Intended Changes for 1985-86. ACGIH, USA.

³ El término "concentración máxima permisible" equivale al término inglés "maximum admissible concentration" (MAC).

⁴ TWA corresponde a la sigla de los términos en inglés Time Weighted Average.

⁵ Corresponde a la sigla del término en inglés Ceiling.

3. Valor de exposición corta (STEL)⁶: corresponde a una situación intermedia entre los dos valores anteriores, en que los trabajadores pueden estar expuestos por períodos que no excedan de 15 minutos por hora, 4 veces al día y con un mínimo de 60 minutos entre cada exposición.

La aplicación de estos valores en los países de Latinoamérica y del Caribe debe hacerse con especial cuidado, teniendo presente que existen críticas que se hacen a los valores umbrales límites, las que se refieren a que:

- a) son el resultado de estudios efectuados en países industrializados, en que las condiciones de trabajo y las características de los trabajadores, en cuanto a su nivel nutricional y educativo, son muy distintas a los existentes en países en desarrollo;
- b) con demasiada frecuencia los trabajadores están expuestos simultáneamente a varias sustancias que pueden tener entre sí efectos aditivos o sinérgicos;
- c) implican protección orientada a trabajadores adultos, laborando 8 horas diarias y cinco días a la semana, mientras que muy a menudo las pequeñas empresas y las faenas agrícolas de países en desarrollo tienen jornadas que sobrepasan las 10 horas diarias y habitualmente emplean niños.

Límites biológicos de exposición ocupacional

Estos límites o índices expresan la respuesta biológica del trabajador expuesto ocupacionalmente a un agente químico determinado. Guardan una relación directa con la concentración de la sustancia en el ambiente ocupacional.

Estos límites han sido desarrollados, también en los países industrializados, en los últimos diez años, debido a:

- a) La necesidad de compensar algunas limitaciones de los valores umbrales límites (TLV's).
- b) El progreso en las técnicas analíticas de laboratorio toxicológico.
- c) Que ciertos agentes químicos pueden ser dañinos a cualquier concentración.
- d) Que existen campos de controversia respecto a umbrales, como es el caso de los agentes carcinogénicos o mutagénicos.

Estos límites biológicos se determinan en muestras biológicas tales como sangre, orina, cabello o uñas. Se expresan en miligramos del compuesto por litro o por 100 gramos de la muestra analizada. Existen valores para alrededor de 20 sustancias químicas. En algunos países tienen valor legal, pero es importante señalar que éste siempre está supeditado a las condiciones de trabajo y/o los valores umbrales límites (TLV's).

Las tres principales limitaciones o críticas que se le hacen a los límites biológicos de exposición ocupacional son:

- 1) Para muchos agentes químicos no existen parámetros biológicos.
- 2) No son aplicables a los agentes que no se absorben, como son los que actúan en la superficie, sólo con efecto irritativo cutáneo.
- 3) Muchos investigadores no aceptan que el ser humano sea el instru-

⁶ STEL corresponde a la sigla de los términos en inglés Short Term Exposure Limit.

mento de muestreo e insisten en que se continúe usando de preferencia los valores umbrales límites.

Límites ocupacionales y límites para población general

Los límites ocupacionales (TLV's o biológicos) para exposiciones de trabajadores adultos durante 8 horas de trabajo no pueden extrapolarse a exposiciones de una comunidad general al mismo agente químico, ya que esta última situación incluye individuos de todas las edades, personas enfermas y personas expuestas durante 24 horas.

Sin embargo, la OMS ha utilizado ampliamente la experiencia y la información de las exposiciones ocupacionales para fijar valores aplicables a la población general.

ANEXO 5

VIGILANCIA EPIDEMIOLOGICA

I. La vigilancia epidemiológica en el campo de la contaminación ambiental

El propósito y la intención final de la vigilancia epidemiológica consisten en hacer recomendaciones y decidir, objetiva y científicamente, acerca de las medidas necesarias para prevenir o controlar un problema de salud. Sobre esta base, puede concebirse la vigilancia epidemiológica de los riesgos ambientales como:

Una secuencia sistemática y dinámica de actividades consistentes en la consecución propositiva, elaboración, análisis, aprovechamiento y difusión selectiva de información sobre riesgos y problemas de salud derivados de la exposición a agentes ambientales. Este proceso se desarrolla lo más cerca de los hechos posible y en forma permanente. Tal información, que puede ser cuantitativa o cualitativa y que pretende reflejar la conducta de los factores que condicionan la enfermedad, se origina y fluye a través de conductos ordenados hacia diversos niveles de la organización sanitaria en la que, de acuerdo a normas y funciones fijadas de antemano, se hacen recomendaciones, se toman decisiones y se realizan medidas de prevención y control de los riesgos ambientales y de los problemas de salud derivados de la contaminación.

De acuerdo al concepto anterior, la vigilancia epidemiológica es de aplicación eminentemente práctica en el campo de la salud pública y constituye un servicio complementario de importancia.

El tipo y cantidad de información que se maneja en un sistema de vigilancia epidemiológica también puede ser aprovechada en beneficio de la investigación clínica y de la investigación biomédica de los factores y efectos de la contaminación.

Dada la naturaleza de la vigilancia de los problemas de salud dependientes de la contaminación química del ambiente, se considera como fundamental que cualquier sistema que se desarrolle al respecto debe ser concebido con un criterio integral e inter-institucional, estableciéndose líneas recíprocas de comunicación y coordinación entre las instituciones de salud y las variadas otras instituciones relacionadas más directamente con la vigilancia y calidad del ambiente.

En base a los breves antecedentes dados se puede resumir que un sistema de vigilancia epidemiológica comprende tres elementos conceptuales básicos y secuenciales que lo condicionan:

- a) Información
- b) Decisión
- c) Control

A manera de ilustración puede citarse la secuencia lógica y completa de acontecimientos que normalmente podría ocurrir en un sistema de vigilancia epidemiológica (SVE) en el campo de la contaminación ambiental:

1. A un centro de salud rural es llevado un menor de edad con diarrea y vómito, obnubilación y síntomas de dificultad respiratoria. El médico que atiende al niño aprecia salivación intensa, contracción pupilar y un estado general tan malo que le hace suponer que el paciente está en peligro de perder la vida. Sospechando una intoxicación por plaguicidas, inicia un tratamiento básico de urgencia, elabora una breve historia clínica en la que anota el antecedente de que el niño ha trabajado recientemente en los campos agrícolas aledaños, traslada al paciente al hospital y se dedica a localizar la fuente de origen del probable agente tóxico. Realiza estas actividades con suficiente precisión debido a que el instructivo elaborado por el SVE le indica los pasos a seguir y le proporciona los formatos necesarios para llenar su informe.
2. En el hospital se comprueba que el cuadro clínico coincide con una intoxicación por plaguicida y se continúa el tratamiento. Desafortunadamente el paciente fallece; se realiza una autopsia. Llama la atención la muy violenta evolución y empeoramiento que presentó el paciente. Dado que las normas difundidas por el SVE indican que deben ser enviadas a las oficinas centrales del sistema un resumen de la historia clínica en un formato especial, muestras de tejidos y del posible agente causal, se realiza una preservación cuidadosa y envío de muestras a las oficinas centrales del sistema. Además, siguiendo las normas preestablecidas, se procede a incautar el resto del plaguicida que se estaba empleando en el campo agrícola y se realizan estudios clínicos y de laboratorio a toda persona que hubiera estado en contacto con el agente en estudio.
3. En las oficinas centrales del SVE se hacen análisis del plaguicida, encontrándose que químicamente difiere de los que se conocían hasta el momento, por lo cual se envían muestras a un laboratorio muy especializado en que se realizan estudios sobre su composición química. Al confirmarse una innovación en la estructura molecular del agente en cuestión se decide realizar ensayos biológicos en animales de experimentación así como en tejidos in vitro. Al encontrar que parece existir un mecanismo de acción más acelerado que lo usual se da aviso al SVE y se establecen contactos con las autoridades sanitarias regionales para que se prohíba el uso de dicho plaguicida hasta que se establezcan normas de seguridad pertinentes.
4. Meses más tarde, luego de diversas investigaciones, se define la peligrosidad del plaguicida, se efectúan las modificaciones pertinentes en las etiquetas atendiendo la información preventiva para el público y para el usuario, se difunden convenientemente los riesgos de su uso y se envían instructivos acerca del manejo de urgencia de pacientes intoxicados con esa sustancia.

Los elementos expuestos en el ejemplo muestran la concurrencia secuencial y armónica de acontecimientos generados en ámbitos de responsabilidades separadas, los cuales necesariamente deben coordinarse en beneficio de la eficiencia del sistema. A modo de ejemplo, podemos señalar lo que respecta a normas: las autoridades ambientales, en este caso a nivel agrícola, deben disponer de las respectivas normas de emisión de plaguicidas; paralelamente las autoridades de salud humana deben establecer las normas de exposición humana para los mismos productos.

II. Elementos de la vigilancia epidemiológica

Como se puede desprender a partir de lo expuesto, la vigilancia epidemiológica pretende:

- a) Poner en práctica elementos de prevención y de control de enfermedades conocidas o de reciente descubrimiento.
- b) Reunir, analizar y evaluar la información disponible para estimar la magnitud, trascendencia y distribución de los problemas de salud derivados de la exposición a agentes contaminantes del ambiente.
- c) Orientar, facilitar y perfeccionar la práctica del personal dedicado a cumplir acciones de salud pública.
- d) Educar a la población expuesta a la contaminación.
- e) Facilitar la investigación de aspectos biológicos, clínicos o epidemiológicos de las afecciones derivadas de la contaminación.
- f) Promover la integración de sectores e instituciones.

III. Fuentes de información de un sistema de vigilancia epidemiológica

Para lograr los anteriores propósitos, la vigilancia epidemiológica en el campo de la contaminación ambiental se basa en, por lo menos, las siguientes fuentes:

- a) Datos demográficos y socioeconómicos de las poblaciones expuestas:

Esta información permite identificar patrones de ocurrencia a través de su elaboración y análisis mediante diferentes procedimientos estadísticos. Entre los principales datos demográficos y afines interesan la distribución de la población por edades, sexo, nivel educacional, ocupación, estilos de vida, sector geográfico, tipo de vivienda, etc., así como nacimientos y movimientos de poblaciones.

- b) Datos de mortalidad:

Una información potencialmente valiosa para los SVE es la que se encuentra en los registros de mortalidad. Desafortunadamente si las defun-

ciones no son certificadas en su totalidad o la certificación es deficiente, dicha información reduce su utilidad. Aunque pudiera resultar atractivo el empleo de los informes de fallecimientos ocurridos en el medio hospitalario, habrá que tener precaución en el uso de tales datos con propósito de hacer generalizaciones, ya que este tipo de unidades puede concentrar artificialmente a tipos muy específicos de enfermos e inclusive realizar estudios de autopsia para causas muy específicas de defunción hospitalaria, lo cual podría sesgar en mayor o menor medida las conclusiones acerca de la magnitud y distribución de la afección en estudio.

Además, en ciertas situaciones la mortalidad de uno u otro modo ha modificado favorablemente sus niveles como consecuencia directa de políticas de salud que apuntan a reducirla o bien por progresos notorios en la tecnología terapéutica específica, no representando estos éxitos una significativa modificación de la incidencia de la enfermedad en la población.

En muchas de estas situaciones la mortalidad sólo representa el extremo visible de un témpano.

De cualquier forma, y teniendo presente las limitaciones enunciadas, las causas de defunción ocurridas en el medio hospitalario y los hallazgos de autopsia en dicho tipo de instalaciones médicas, constituyen uno de los componentes importantes para iniciar las actividades del SVE.

c) Registros de morbilidad:

Los informes cotidianos de las consultas otorgadas en las unidades de consulta externa, el registro de los egresos hospitalarios, la información concentrada en registros o servicios de afecciones específicas (de cáncer, de enfermedades congénitas u otras), los datos obtenibles en encuestas de morbilidad, las notificaciones de enfermedades seleccionadas, las investigaciones de casos o brotes e incluso el registro de ausentismo laboral, constituyen quizás algunos de los más importantes elementos de la vigilancia epidemiológica. Sin embargo, debe considerarse que para que estas fuentes de información sean confiables se requiere de un buen adiestramiento del personal médico y paramédico que realiza los diagnósticos.

d) Resultados de estudios de laboratorio:

Tanto los hallazgos rutinarios derivados de diversos análisis de laboratorio clínico como de los exámenes toxicológicos, suelen constituir buenos indicadores para el inicio de pesquisas sobre individuos potencial o seguramente afectados por la exposición a sustancias contaminantes o sobre la existencia de niveles peligrosos de agentes dañinos para la salud; tal es el caso de las sustancias que al encontrarse elevadas en sangre, suero, orina u otro material biológico, indican afecciones derivadas de intoxicaciones agudas o crónicas.

e) Resultados del monitoreo ambiental:

Existen diversos laboratorios dedicados a identificar y medir, regular y continuamente, sustancias seleccionadas, ya sea en aire, aguas, suelos,

alimentos y otros medios o vehículos. Estos laboratorios pueden estar ubicados dentro del mismo sector salud así como en otras entidades u organismos que tienen intereses o responsabilidades en otros ámbitos (agrícola, industrial, marino, bromatológico, etc.). Independientemente del sector donde se genere esta información, resulta de la mayor importancia el acceso y el aprovechamiento de ella por parte del SVE a objeto de detectar problemas.

f) Información proveniente del medio industrial, comercial y económico:

La noticia de próximas instalaciones fabriles, de creación de zonas o parques industriales, del inicio de la elaboración o de la importación de nuevas sustancias, el incremento en los volúmenes de producción de diversos productos químicos, aumento en el consumo de drogas, etc., constituye una advertencia para iniciar la vigilancia precoz de la presencia de agentes contaminantes en las poblaciones aledañas, así como de la aparición de afecciones específicas en ellas.

La disponibilidad de un catastro industrial suficiente y actualizado puede llegar a constituirse en un valioso elemento para ser incorporado a las actividades del SVE. Al disponer de un listado exhaustivo de los agentes químicos industriales generados localmente, es posible programar con más propiedad la pesquisa de patología seleccionada.

g) Información sobre aspectos del saneamiento ambiental relacionados con sustancias químicas peligrosas:

En los servicios sanitarios es posible obtener valiosa información respecto del diagnóstico local, a planes y programas en desarrollo, a identificación de problemas prioritarios o prevalentes, que tengan que ver con las emisiones, descargas, disposición final y tratamiento de residuos industriales químicos, gaseosos, líquidos y sólidos. Las relaciones que puedan tener estos residuos con los abastos de agua potable, con aguas para riego agrícola, con aguas para uso recreacional, con sectores habitacionales densamente poblados, con algunos alimentos de interés, y la eventual identificación de dichas relaciones, pueden representar aportes de importancia para ser incorporados al SVE.

h) La comunidad:

Los líderes naturales o formales de las comunidades suelen constituirse en valiosa ayuda para la detección de un exceso de casos de patología suficientemente conocida que con certeza se deriva de la exposición a agentes ambientales. Asimismo, la comunidad suele ser un detector oportuno al representar, notificar o quejarse de situaciones molestas derivadas de la presencia de sustancias contaminantes en el ambiente.

IV. Procedimientos y estrategias en la vigilancia epidemiológica

Como se ha mencionado inicialmente, la vigilancia epidemiológica se desarrolla a través de un ordenamiento sistemático de actividades, con el pro-

pósito bien definido de prevención y control de un problema de salud. Estas actividades, al formar parte de un sistema, se ordenan igualmente en un contexto propio de éste; hay actividades que apuntan a alimentar el sistema (insumos), hay actividades de procesamiento y hay actividades derivadas de tal procesamiento (productos), los cuales van a ser asimilados a otros niveles o bien van a realimentar al propio sistema. A continuación se señalarán las principales actividades de esta secuencia, sus características y algunas estrategias para su materialización.

a) Ante la necesidad de enfrentar situaciones de salud-enfermedad relacionadas con el ambiente, se precisa efectuar una adecuada definición de tales situaciones para poder identificar acertadamente las fuentes de información. La observación rigurosa del problema en el terreno es aconsejable, a objeto de ampliar y complementar las alternativas recientemente señaladas en el punto III.

b) Génesis y recolección de la información:

Esta fase tendrá diversas características según se trate de la iniciación del proceso por primera vez o etapas posteriores de funcionamiento regular del SVE. Los contactos iniciales con las fuentes de información pueden demostrar que éstas tienen limitaciones o insuficiencias en grado variable, cualitativa o cuantitativamente. Por ejemplo, la fuente de información más frecuentemente empleada para reconocer la población expuesta a sustancias son los censos de población. Desafortunadamente, no siempre se cuenta con datos suficientemente oportunos o exactos y por ello conviene la realización de estimaciones de la población a través de encuestas por muestreo.

Se puede intentar mejorar estas limitaciones inicialmente detectadas mediante la obtención de recursos adicionales, el perfeccionamiento de los mecanismos primarios de recolección de datos, la instauración de pautas, procedimientos o normas y la creación de nuevas fuentes de información.

Habitualmente existen limitaciones en la información relacionadas con la cobertura y representatividad de ella. Ante ello es recomendable seleccionar algunas fuentes que, cumpliendo ciertos requisitos, puedan proporcionar regularmente información confiable que servirá como elemento orientador y de alerta respecto de algún parámetro ambiental o de alguna enfermedad dada. Esto es dable de observar cuando se seleccionan establecimientos de consulta externa u hospitales, que para los fines de apreciar la evolución de una información específica son denominados como establecimientos sensores o centinelas. La definición de las características de estas fuentes sensoras, así como de su cantidad, está condicionada por la naturaleza de la información que se requiere y es previa a la incorporación de ellas al SVE.

En esta etapa la motivación de las instituciones ajenas al sector salud es importante a objeto de obtener su colaboración e incorporación al sistema.

Tanto respecto de las entidades extrasectoriales como las fuentes propias del sector, especialmente los establecimientos de atención médica, se deberá velar por una sensibilización permanente en ellas del personal que genera la información, así como la facilitación a dicho personal de medios prácticos y simples para tal objeto. Conviene destacar que incluso dentro del mismo sector salud, los conocimientos acerca de los

problemas derivados de la contaminación ambiental no suelen ser tan divulgados, más aún si consideramos que aquéllos están en constante proceso de renovación. Se debe considerar la entrega sistematizada a los diversos niveles y ámbitos que generan, recolectan y traspasan la información, de instructivos, pautas y normas respecto de cuál información se requiere y de cómo tramitarla especialmente para situaciones previamente identificadas, como notificaciones urgentes, toma de muestras y tipo de análisis a solicitar.

Igualmente es este el momento en que se establece la frecuencia con que la información debe ser transferida, las vías por las cuales debe ser canalizada y los niveles de procesamiento de ella que pueda requerirse.

Estos aspectos, junto con la capacitación y motivación del personal, son de primordial importancia para asegurarse una información confiable y oportuna.

En esta fase es necesario además decidir - de acuerdo a las condiciones de estructura, cobertura, volúmenes de datos y capacidad de procesamiento de ellos que el SVE pueda disponer - si la vigilancia se va a efectuar globalmente sobre la población y ambiente en general, recogiendo y analizando todos o gran parte de los registros de morbilidad y mortalidad, de laboratorios clínicos y ambientales y observando qué configuración adoptan los resultados; o bien, se canalizará la pesquisa hacia ciertos parámetros ambientales y ciertas enfermedades específicas en ciertos grupos de la población. Lo aconsejable, sobre todo cuando se pretenda establecer por primera vez un SVE, es adoptar la segunda modalidad, por las ventajas que representa su implementación comparativamente con la primera.

c) Cálculo de indicadores:

Una vez recolectada la información se procede al cálculo de diversos indicadores (tasas, razones, distribuciones temporales y espaciales, etc.), que permitirán disponer de un perfil estadístico de la situación que interesa.

d) Presentación o expresión de datos crudos y de datos elaborados para su ulterior interpretación:

Las cifras crudas y los indicadores calculados deberán ser sistemáticamente presentados bajo la forma de tablas, gráficos, mapas epidemiológicos, correlaciones, etc., a objeto de facilitar el diagnóstico y la interpretación.

e) Definición del problema en términos epidemiológicos y evaluación de sus características:

El perfil obtenido a partir de los dos puntos precedentes permitirá obtener imágenes sobre componentes, magnitud, gravedad, trascendencia, frecuencia, distribución y tendencias del problema. Una de las conclusiones más importantes en este momento es la identificación y cuantificación de factores ambientales de riesgo para la salud humana y de grupos humanos expuestos a mayor riesgo (grupos de alto riesgo), ya que orientarán y condicionarán las recomendaciones y las medidas de prevención y control.

A este nivel se efectúa además, en función de la información y análisis obtenidos, una evaluación de los estudios de génesis y recolección de

los datos, lo cual proporcionará directrices para el ulterior desarrollo y perfeccionamiento del sistema a ese nivel.

A esta altura se podría revisar qué tipo de información podría continuar ingresando al sistema, con qué periodicidad y de qué manera se procesará.

Esta fase también proporcionará evaluación y criterio para readecuar la vigilancia si es necesario, orientando la pesquisa hacia aquellas áreas en donde los efectos se ven con más frecuencia y con más gravedad y en donde se den las condiciones de mayor factibilidad de prevención y control.

f) Estrechamente ligada a la gestión de la fase anterior está la conveniencia de que los problemas de salud derivados de la contaminación ambiental sean definidos, evaluados e interpretados interdisciplinaria e interinstitucionalmente, involucrando formalmente a los que generan la información que ingresa al sistema y a los niveles más directamente responsables de la calidad y protección del ambiente. Esta coyuntura, de lograrse y mantenerse, debiera proporcionar ventajas tanto en el perfeccionamiento operativo del SVE como en las recomendaciones y en la implementación de las medidas preventivas y de control.

g) Proposición de recomendaciones, de medidas preventivas y de medidas de control:

El análisis y la evaluación epidemiológica, la identificación de situaciones y grupos de alto riesgo, la estimación de la vulnerabilidad del problema (o sea, la posibilidad técnica y económica de poder prevenirlo o controlarlo), el grado de colaboración multisectorial, etc. permitirán emitir recomendaciones y proponer medidas concretas a los niveles de decisión política, que lleven a la prevención o al efectivo control del problema en niveles significativamente menores que los diagnosticados.

Las recomendaciones y las medidas para ser aplicadas, ya sea en el ambiente y/o en los grupos expuestos de alto riesgo, pueden ser una o varias de las siguientes:

- De orden político
- De índole técnico y tecnológico
- De índole administrativo
- De índole legal y normativo
- De investigación

Entre las recomendaciones tienen especial interés aquéllas asociadas con el desarrollo de recursos para atender emergencias relacionadas con sustancias químicas, con énfasis en obtener una capacidad de reacción y de coordinación para atender tales situaciones.

h) Distribución de la información epidemiológica:

Luego de efectuado el procesamiento de la información se dispondrá de un nuevo tipo de información que, sincrónicamente con la fase anterior, deberá completar el ciclo de realimentación de los diversos niveles del SVE, tanto de ejecución como de toma de decisiones. La modalidad para cumplir esta actividad puede ser variada pero lo más habitual es la emisión periódica de boletines de información. Las características y la frecuencia de tales boletines estarán condicionadas a la naturaleza de los

problemas de los que se preocupe el SVE. Cabe señalar finalmente que la abundante literatura científica que cotidianamente se publica sobre efectos de sustancias en la salud, constituye una importante fuente adicional de información y orientación y cabe la posibilidad de que sea igualmente incorporada en dichos boletines.

ANEXO 6

RECOMENDACIONES PARA EL MANEJO ADECUADO DEL MERCURIO EN LA PRACTICA ODONTOLOGICA

- a) El mercurio debe mantenerse guardado en envases irrompibles y cerrados herméticamente.
- b) Cualquier derrame inadvertido debe quedar circunscrito a una bandeja que sea fácil de limpiar.
- c) El lienzo usado en cirugía no debe tener costuras y debe extenderse 5 cm por cada lado.
- d) Las superficies o paredes de las caries deben cubrirse con barniz.
- e) Todo desecho de amalgama debe de recuperarse y guardarse en un envase bien cerrado.
- f) El trabajo debe de hacerse bajo condiciones de buena ventilación.
- g) Debe eliminarse el uso indiscriminado de soluciones que contengan mercurio.
- h) Debe evitarse el calentamiento del mercurio o de la amalgama, por ejemplo cuando ésta está siendo pulida o extraída.
- i) Cuando se pulen o bruñen las amalgamas dentales se debe rociar agua con el irrigador y succionar.
- j) No se deben usar condensadores ultrasónicos de amalgama.

Fuente: Rupp, N.W. and Paffenberger, G. C, (1971) Journal of the American Dental Association, 82, 401.

ANEXO 7

ASPECTOS SELECCIONADOS DE ALGUNOS
COMPUESTOS MERCURIALES

CARACTERISTICAS	SUSTANCIA O COMPUESTO			
	MERCURIO	SULFURO DE MERCURIO	CLORURO MERCURICO	DIMETILMERCURIO
NOMBRE	MERCURIO METALICO MERCURIO INORGANICO MERCURIO COLOIDAL	CINABRIO	BICLORURO DE MERCURIO SUBLIMADO CORROSIVO	MERCURIO DE DIMETILO
FORMULA QUIMICA	Hg	HgS	HgCl ₂	Hg(CH ₃) ₂
PESO MOLECULAR	200,6±3	232,6	271,5	230,7
PUNTO FUSION, °C	-40	Sublima a 583	276	30
PUNTO EBULLICION, °C	357	Sublima a 583	302	96
SOLUBILIDAD	Acido nítrico	Agua negra, Na ₂ S, HNO ₃ . Insoluble en alcohol	Alcohol, éter, piridina, acetona, benceno	Disolventes orgánicos
INFLAMABILIDAD	NO	NO	NO	--
INCOMPATIBILIDAD CON	Compuestos acetilénicos, amonio, diyodofosfuro de boro, óxido de etileno, oxígeno, metales.	Oxidantes Al calentarlo para descomponerlo emite humos tóxicos de Hg, SO _x y H ₂ S.	Cuando se calienta para descomponerlo emite gases de Hg y Cl.	Oxidantes fuertes, cloratos, bromatos.
DL ₅₀	Rata intraperitoneal: 400 mg/kg/14 días intermitente (TDLo)	- -	Ratón, intraperitoneal: LDLo: 63 mg/kg	Rata, oral: 57 mg/kg Ratón, oral: 40 mg/kg CL: 40 ug(Hg)/m ³
VIAS DE INGRESO	Respiratoria Dérmica (secundaria)	Dérmica Digestiva	Dérmica Digestiva	Digestiva Dérmica Respiratoria
EFFECTOS EN	Arbol respiratorio y pulmones, sistema nervioso central, riñones, cristalino.	Intestinos y riñones Sistema nervioso central Piel y mucosas	Intestinos y riñones Sistema nervioso central Piel y mucosas	Sistema nervioso central y periférico. Nervios óptico y auditivo. Riñón. Páncreas.
ESTUDIOS ESPECIFICOS	Mercurio en orina	Mercurio en orina Mercurio en saliva	Mercurio en orina Mercurio en saliva	Mercurio en sangre Mercurio en pelo

ANEXO 8

**ANTECEDENTES DEMOGRAFICOS Y ECONOMICOS
DE INTERES**

CUADRO 1

POBLACION URBANA (EN MILES) PORCENTAJE DE LA POBLACION TOTAL RESIDENTE EN AREAS URBANAS, POR PAIS DE AMERICA, 1980, 1985 y 2000

País	Población urbana			Porcentaje urbano		
	1980	1985	2000	1980	1985	2000
Argentina	23.346	25.645	33.014	82,7	84,6	88,8
Barbados	100	107	145	40,2	42,3	51,1
Belice	72	79	116	49,4	50,0	57,8
Bermuda	71	79	103	100,0	100,0	100,0
Bolivia	2.468	3.046	5.687	44,3	47,8	58,5
Brasil	81.888	98.599	148.397	67,5	72,7	82,7
Canadá	18.227	19.289	22.242	75,7	75,9	76,9
Colombia	16.568	19.357	28.557	64,2	67,4	75,2
Costa Rica	1.047	1.295	2.188	46,0	49,8	60,8
Cuba	6.628	7.202	9.364	68,1	71,8	79,9
Chile	9.021	10.060	13.112	81,1	83,6	88,6
Ecuador	3.844	4.901	9.042	47,3	52,3	64,9
El Salvador	1.883	2.172	3.799	39,3	39,1	43,6
Estados Unidos	167.849	175.847	200.220	73,7	73,9	74,6
Guatemala	2.664	3.185	5.800	38,5	40,0	47,5
Guadalupe	142	153	196	43,4	45,8	55,4
Guayana	264	307	501	30,5	32,2	41,9
Guayana Francesa	46	53	75	69,7	72,6	78,1
Haití	1.427	1.794	3.675	24,6	27,2	37,3
Honduras	1.331	1.747	3.625	36,1	40,0	52,0
Jamaica	1.082	1.257	1.850	49,8	53,8	64,2
Martinica	217	233	274	66,6	71,0	79,2
México	46.044	55.012	84.492	66,4	69,6	77,4
Nicaragua	1.480	1.851	3.466	53,4	56,6	65,9
Panamá	989	1.144	1.749	50,5	52,4	60,4
Paraguay	1.321	1.636	2.921	41,7	44,4	54,0
Perú	11.153	13.282	21.014	64,5	67,4	75,2
Puerto Rico	2.144	2.441	3.298	67,0	70,7	78,8
República Dominicana	2.807	3.474	5.729	50,5	55,7	68,1
Suriname	159	171	254	44,8	45,6	54,2
Trinidad y Tobago	623	757	1.105	56,9	63,9	75,0
Uruguay	2.438	2.549	2.937	83,8	84,6	87,3
Venezuela	12.572	15.004	22.462	83,7	86,6	90,9

Fuentes: Naciones Unidas. Estimates and Projections of Urban, Rural and City Populations, 1950-2025: The 1982 Assessment. ST/ESA/SER.R/58. Nueva York, 1985.

Naciones Unidas. World Population Prospects: Estimates and Projections as Assessed in 1984. ST/ESA/SER.A/98. Nueva York, 1986.

CUADRO 2.

POBLACION URBANA (MILES) Y PORCENTAJE DE LA POBLACION QUE VIVE EN LAS ZONAS URBANAS, POR SUBREGION DE AMERICA, 1980, 1985 y 2000

Región y Subregión	Población urbana			Porcentaje de la población urbana		
	1980	1985	2000	1980	1985	2000
REGION (total)	422.369	474.425	642.082	68,9	71,0	76,1
<u>América Latina</u>	233.135	275.676	414.455	65,7	69,3	77,1
Zona Andina	46.605	55.590	86.762	64,9	68,2	75,9
Cono Sur	36.126	40.090	51.984	79,5	81,3	85,6
Brasil	81.888	98.599	148.397	67,5	72,7	82,7
América Central	9.466	11.474	20.754	42,0	44,0	52,0
México	46.044	55.012	84.492	66,4	69,6	77,4
Caribe Latinoamericano	13.006	14.911	22.066	53,5	56,7	64,6
<u>Caribe</u>	3.082	3.529	5.057	17,2	19,1	24,5
<u>América del Norte</u>	186.152	195.220	222.570	73,9	74,1	74,9

Fuente: Naciones Unidas. Estimates and Projections of Urban, Rural and City Populations, 1950-2025: The 1982 Assessment. ST/ESA/SER.R/58. Nueva York, 1985.
También, Naciones Unidas. World Population Prospects: Estimates and Projections as Assessed in 1984. ST/ESA/SER.A/98. Nueva York, 1986.

CUADRO 3

PORCENTAJE DE LA FUERZA DE TRABAJO POR ACTIVIDAD ECONOMICA, EN 21 PAISES DE AMERICA LATINA Y EL CARIBE, 1980.

País	Porcentajes ^a				
	Agricultura	Minería	Manufactura	Construcción	Otras ^b
Argentina	15,2	0,5	21,0	8,8	54,5
Bahamas	1,9	0,1	6,9	7,2	83,9
Barbados	9,5	...	13,9	6,2	70,4
Bolivia	56,1	2,8	10,5	4,7	25,9
Brasil	29,9	...	24,4	...	45,7
Colombia	34,5	0,6	16,1	6,3	42,5
Costa Rica ^c	21,7	0,3	17,8	5,9	54,0
Guatemala	55,4	0,1	14,9	5,6	24,0
Guayana	30,9	3,3	15,4	...	50,4
Haití	56,9	0,1	5,7	0,9	36,4
Honduras ^d	54,1	0,4	13,0	4,2	28,3
Jamaica	28,0	2,0	16,2	6,7	47,1
México	37,6	0,9	19,0	5,8	36,7
Nicaragua	41,8	0,4	15,0	4,6	38,2
Panamá	33,7	0,1	10,8	6,9	48,5
Paraguay ^e	40,4	0,2	18,7	8,0	32,7
Perú	40,4	1,2	14,5	4,4	39,9
República Dominicana	41,3	0,1	20,3	3,5	34,8
Trinidad y Tobago ^d	9,2	4,0	12,0	21,9	52,8
Uruguay ^d	17,0	0,2	20,3	5,8	58,7
Venezuela	19,5	1,5	18,8	9,6	50,6

Fuente: Progreso. Bogotá, Colombia, enero-febrero de 1985.

^a Porcentaje con relación a la fuerza de trabajo de cada país.^b Incluye comercio, servicios, transportes, establecimientos financieros, otras actividades.^c 1977^d 1982^e 1981

ANEXO 9

SIGLAS USADAS

- Delta-AAL-deshidratasa: Deshidratasa del ácido delta aminolevulínico.
ACGIH: American Conference of Governmental Industrial Hygienists (USA)
BAL : British Anti-Lewisite (2,3-dimercaptopropanol)
EDTA : Acido etilendiaminotetraacético
FAO : Food and Agriculture Organization (Organización para la Alimentación y la Agricultura)
LTB : Límite de Tolerancia Biológica
MAC : Maximum Admissible Concentration (Concentración máxima permisible)
NIOSH: National Institute for Occupational Safety and Health (CDC, USA)
OMS : Organización Mundial de la Salud
OSHA : Occupational Safety and Health Administration (Labor Department, USA)
STEL : Short Term Exposure Limit (Valor de exposición corta)
SVE : Sistema de Vigilancia Epidemiológica
TLV : Threshold Limit Value (Valor umbral límite)
TWA : Time Weighted Average (Valor promediado en el tiempo)

ANEXO IO

PROFESIONALES CONSULTADOS

Albert, Lilia Dra.
Director Programa Contaminación Ambiental
del Instituto Nacional de Investigaciones
sobre Recursos Bióticos
Xalapa, Veracruz
México

Escobar, Raúl Ing.
Director Instituto de Salud Ocupacional
México, D.F.
México

Fernícola, Nilda A.G.G. de Dra.
Consultor Permanente en Toxicología
Centro Panamericano de Ecología Humana y Salud
ECO/OPS/OMS
Meteppec, Estado de México
México

Finkelman, Jacobo Dr.
Director Centro Panamericano de Ecología Humana y Salud
ECO/OPS/OMS
Meteppec, Estado de México
México

Henao, Samuel Dr.
Coordinador de Salud Ocupacional
Facultad Nacional de Salud Pública
Universidad de Antioquía
Medellín
Colombia

Junco, Pablo Dr.
Profesor y Coordinador de Curso de Especialización
en Medicina del Trabajo
Instituto Mexicano del Seguro Social
Hospital General de Zona 2
Monterrey, Estado de Nuevo León
México

Kjellström, Tord Dr.
Prevención de la Contaminación Ambiental
División de Salud Ambiental
Organización Mundial de la Salud
Ginebra
Suiza

Molina, Gustavo Dr.
Consultor Permanente en Epidemiología
Centro Panamericano de Ecología Humana y Salud
ECO/OPS/OMS
Meteppec, Estado de México
México

Sánchez, Carmen Dra.
Dirección General de Medicina y Seguridad en el Trabajo
Secretaría del Trabajo y Previsión Social
México, D.F.
México

BIBLIOGRAFIA

- ALBERT, L. **Curso básico de toxicología ambiental**. México, MX: ECO/OPS; INIREB, 1985, 371 p.
- ALMEIDA, W.F. **Contaminação ambiental e alimentar por mercúrio e suas conseqüências**. O Biológico, v. XLI. 1985, p. 208-220.
- ANDLAVER, P. **El ejercicio de la medicina del trabajo**. Barcelona, ES: Científico-Médica, 1980, 638 p.
- BAKIR, F.; *et al.* Methylmercury poisoning in Iraq. **Science**, 181, Jul. 1973, p. 230-241.
- BERLIN, M. **Mercury**. In: Toxicology of Metals, vol. II. Springfield, VA: National Technical Information Service, 1977, p. 301-344. (PB 268-324).
- BRS System. Bibliographic citations; recovery from Hazard Line database, 1984.
- BRUNE, D. and Evje, D.M. **Man's mercury loading from a dental amalgam**. Amsterdam, NL: Elsevier Science Publishers B.V., 1985, p. 51-63. (The Science of the Total Environment; 44).
- CALABRESE, A.I. y Astolfi, E. **Toxicología**. Buenos Aires, AR: Kapelusz, 1972, 368 p.
- CARMONA, G. **Implicaciones toxicológicas del mercurio en el niño**. Valencia, VE: Centro de Asesoramiento Toxicológico "Dr. Jorge Lizárraga" Departamento de Pediatría, Hospital Central, 1982, 61 p.
- CARMONA, G.; *et al.* **Implicaciones toxicológicas del mercurio en la odontología**. Valencia, VE: Instituto Venezolano de los Seguros Sociales; Centro de Investigaciones Toxicológicas, 1982, 165 p.
- CARSON, B.L.; *et al.* **Toxicology and biological monitoring of metals in humans; including feasibility and need**. US: Lewis Publishers, 1986, 252 p.
- COMMISSION OF THE EUROPEAN COMMUNITIES. **Problems of the contamination of man and his environment by mercury and cadmium**. In: Proceedings of International Symposium. Luxemburgh (LU) 3-5 Jul, 1973. Luxemburgh, LU: CEC, 1973, 696 p.
- CHILE. Ministerio de Salud. **Manual de toxicología ocupacional**. Santiago, CL: Ministerio de Salud, 1979, 120 p.
- DUFFUS, J.H. **Toxicología ambiental**. Barcelona, ES: Omega, 1983, 173 p.
- EUA. Department of the Interior. **Minerals yearbook; metals and minerals**. Washington, D.C., US: Department of the Interior, 1984.
- EYL, T.B. Alkil mercury contamination of foods. **J. Am. Med. Ass.** 215, 1971, 287 p.
- FERNICOLA, N. y Jauge, P. **Nociones básicas de toxicología**. México, MX: ECO/OPS, 1985, 3 v.

- FRIBERG, L.; *et al.* **Handbook on the Toxicology of metals**. 2a ed. Amsterdam, NL: Elsevier/North Holland Biomedical, 1986, 2v. (1080 p.)
- FUNDACENTRO. **Curso do medicina do trabalho**. Sao Paulo, BR: Fundacentro, 1979, v. 4.
- GAFAFER, W.M. (ed.). **Enfermedades ocupacionales; guía para su reconocimiento**. OPS, 1969, 378 p.
- GERSTNER, H.B. and Huff, J.E. Clinical toxicology of mercury. **J. Toxicol. Environ. Health**. 2, 1977, p. 491-526.
- GOSSELIN, R.E.; *et al.* **Clinical toxicology of commercial products**. Baltimore, MD, US: Williams and Wilkins, 1975.
- GRUPO ECOLOGICO UNIVERSIDAD DE TOLIMA. **El mercurio en el medio ambiente**. Ibagué, CO: Universidad de Tolima, 1977, 53 p. (S.O.S. Ecológico; suplemento 1).
- HAQ, I.U. Agrosan poisoning in man. **Br. Med. J.** 1, 1963, 1579 p.
- HAYES, W. J. **Manual clínico sobre sustancias tóxicas**. Washington, D.C., US: OPS, 1966, 131 p. (Publicación Científica; 143)
- HOOVER, A.W. and Goldwater, L.J. Absorption and excretion of mercury in man. **Arch. Environ. Health** 12: 506, 1966.
- INFORME DEL COMITE MIXTO FAO/OMS DE EXPERTOS EN ADITIVOS ALIMENTARIOS, 16. Ginebra (CH), 4-12 Abr. 1972. **Evaluación de diversos aditivos alimentarios y de los contaminantes mercurio, plomo y cadmio**. Ginebra, CH: FAO/OMS, 1973, 39 p. (Serie de Informes Técnicos; 505).
- INTERNATIONAL ATOMIC AGENCY. **Mercury contamination in man and his environment**. Viena, AT: International Atomic Energy Agency, 1972, 181 p. (Technical Reports Series; 137).
- INTERNATIONAL LABOUR OFFICE. **Encyclopaedia of occupational health and safety**. Geneva, CH: ILO, 1971, 2 v.
- INTERNATIONAL LABOUR OFFICE. **Encyclopaedia of occupational health and safety**. Geneva, CH: ILO, 1983, 2 v.
- INTERNATIONAL LABOUR OFFICE. **Occupational exposure limits for airborne toxic substances**. Geneva, CH: ILO, 1980, 290 p. (Occupational Safety and Health Series; 37).
- INTERNATIONAL REGISTER OF POTENTIALLY TOXIC CHEMICALS. **Data profiles for chemical for the evaluation of their hazards to the environment of the Mediterranean Sea**. Geneva, CH: IRPTC; UNEP, 1978, vol. 1.
- JOSELOW, M.M., Louria, D.B. and Browder, A.A. Mercurialism; environmental and occupational aspects. **Ann. Intern. Med.** 76:119, 1972.
- JUKES, T.H. Mercury in fish. **J.A.M.A.** 233: 1001, 1975.
- JUNCO-MUÑOZ, P. **El mercurio**. México, MX: IMSS, Subdirección General Médica, Jefatura de Servicios de Medicina del Trabajo; Legaspi, V.J.A. (ed.), 1985.
- JUNCO-MUÑOZ, P.; *et al.* Hidrargirismo de origen ocupacional. **Rev. Med. IMSS**, 6(24), 1986.
- KERSHAW, T.G., Dahir, P.H. and Clarkson, T.W. The relationship between blood levels and dose of methylmercury in man. **Arch. Environ. Health** 35: 28, 1980.
- KJELLSTROM, T.; *et al.* **Physical and mental development of children with prenatal exposure to mercury from fish; stage 1; preliminary test at age 4**. Auckland, NZ; University of Auckland, 1986, 96 p.
- KURLAND, L.T., Faro, S.N. and Siedler, H. Minamata disease. **World Neurol.** 1:370, 1960.

- LAUWERYS, R.R. **Industrial chemical exposure: guidelines for biological monitoring**. Davis, CA, US: Biomedical Publications, 1983, 150 p.
- LEE, D.H.R. (ed.). **Metallic contaminants and human health**. New York, US: Academic, 1972, 141 p. (Fogarty International Center Proceedings; 9).
- LENIHAN, J. and Fletcher, W.W. **The chemical environment**. London, GB: Blackie and Son, 1977, 163 p. (Environment and Man Series; 6).
- LOFROTH, G. **Methylmercury; a review of health hazards and side effects associated with the emission of mercury compounds into natural systems**. Stockholm, SE: Swedish Natural Science Research Council, 1979, p. 28-29. (Ecological Research Committee Bulletin; 4).
- LU, F.C. **El mercurio como contaminante de los alimentos**. Crónica de la OMS; 28, 1974, p. 8-11.
- MARSH, D.O., Turner, M.D. and Smith, J.C. **Loaves and fishes; some aspects of methylmercury in foodstuffs**. ICES Manuscript, Feb. 1975.
- NATIONAL INSTITUTE FOR OCCUPATIONAL SAFETY AND HEALTH. **Criteria for a recommended standard; occupational exposure to inorganic mercury**. Rockville, US: NIOSH, 1973, 127 p. (NIOSH TR - 044 - 73; NTIS PB-222- 223).
- NATIONAL INSTITUTE FOR OCCUPATIONAL SAFETY AND HEALTH. **NIOSH pocket guide to chemical hazards**. Washington, D.C., US: NIOSH, 1978, 191 p. (NIOSH 78-211).
- ORDOÑEZ, J.V.; *et al.* **Estudio epidemiológico de una enfermedad considerada como encefalitis en la región de los Altos de Guatemala**. Boletín de la Oficina Sanitaria Panamericana, 60, Jul. 1966, p. 510-519.
- ORGANIZACION MUNDIAL DE LA SALUD. **Límites de exposición profesional a los metales pesados que se recomiendan por razones de salud**. Ginebra, CH: OMS, 1980, 126 p. (Serie de Informes Técnicos; 647).
- ORGANIZATION FOR ECONOMIC COOPERATION AND DEVELOPMENT. **Mercury and the environment**. Paris, FR: OECD, 1974, 196 p.
- ORGANIZACION PANAMERICANA DE LA SALUD. **Guías para la calidad del agua potable; V.I recomendaciones**. Washington, D.C., US: OPS, 1985, 136 p. (Publicación Científica; 481).
- ORGANIZACION PANAMERICANA DE LA SALUD. **Mercurio**. Washington, D.C., US: OPS; OMS, 1978, 148 p. (Publicación Científica ; 362) (Criterio de Salud Ambiental; 1).
- ORGANIZACION PANAMERICANA DE LA SALUD. **Riesgos del ambiente humano en la salud**. Washington, D.C., US: OPS, 1972, 359 p. (Publicación Científica; 329).
- PEÑA Y SUBARZO, P. de la. **La contaminación por mercurio**. Tesis profesional. México, MX: Facultad de Ciencias. UNAM, 1975.
- PIERCE, P.E.; *et al.* **Alkil mercury poisoning in humans**. J.A.M.A. 220: 1439, 1972.
- PIOTROWSKI, J.A. and Coleman, D.O. **Environmental hazards of heavy metals; summary evaluation of lead, cadmium and mercury; a general report**. London, GB: MARC; GEMS; UNEP; Chelsea College, 1980, 43 p. (MARC Report; 20).
- POPESU, H.I.; *et al.* **Chromosome aberrations induced by occupational exposure to mercury**. Arch. Environ. Health, 34 (6), Nov./Dec. 1979, p. 461-463.
- PROCTOR, N.H. and Hugher, J.P. **Chemical hazards of the work-place**. Philadelphia, PA, US: J.B. Lippincott, 1978, 533 p.

- RAMADE, F. **Ecotoxicologie**. Paris, FR: Masson, 1979, 228 p. (Collection d'écologie; 9).
- REUNION CONJUNTA FAO/OMS. Ginebra (CH). 4-6 Mar. 1974. **El uso de mercurio y compuestos alternativos en el tratamiento de semillas: informe de una reunión conjunta FAO/OMS**. Ginebra, CH: FAO: OMS, 1975, 34 p. (Serie de Informes Técnicos; 555), (Estudios Agropecuarios; 95).
- ROM, W.N. (ed). **Environmental and occupational medicine**. Boston, MA, US: Little, Brown and Company, 1983, 1040 p.
- ROSS, W.D.; *et al.* Need for alertness to neuropsychiatric manifestations of inorganic mercury poisoning. **Compr. Psychiatry** 18: 595, 1977.
- STEWART, W.; *et al.* **Mercury; guidelines for surface water quality; v. 1 inorganic chemicals substances**. Environment Canada, 1979, 16 p.
- SWENSSON, A. and Ulfvarson, U. Toxicology of organic mercury compounds used as fungicides. **Occup. Health Rev.** (Ottawa) 15: 5, 1963.
- TASK GROUP ON METAL ACCUMULATION. Accumulation of toxic metal with special reference to their absorption, excretion and biological half-times. **Environ. Physiol. Biochem.** 3: 65, 1973.
- TREVETHICK, R.A. **Environmental and industrial health hazards; a practical guide**. London, GB: William Heinemann Medical Books, 1973, 214 p.
- TSUBAKI, T. and Trukayama, K. **Minamata disease**. Tokyo- Amsterdam: Kodansha-Elsevier, 1977, p. 103-141.
- TURNER, M.D.; *et al.* **Methylmercury in populations eating large quantities of marine fish**. **Arch. Environ. Health**, 35(6) 1980.
- VEGA, S. y Reynaga, J. **Evaluación epidemiológica de riesgos causados por agentes químicos ambientales; v. 3 toxicología; aspectos específicos de la toxicología de algunos contaminantes**. México, MX: ECO/OPS, 1985, 198 p.
- WARD, R.N. **Analytical methods for determination of mercury in rocks and soils**. Washington, D.C., US: Department of the Interior, 1970, p. 46-49. (Geological Survey Professional Paper; 713).
- WEAST, R.C.; *et al.* **CRC handbook of chemistry and physics; a ready-reference book of chemical and physical data**. Boca Raton, FL, US: CRC, 1984, 1203 p.
- WORLD HEALTH ORGANIZATION. **Early detection of health; impairment in occupational exposure to health hazards; organic solvents and metals**. Geneva, CH: WHO, 1979, 129 p.
- WORLD HEALTH ORGANIZATION. **Guidelines for drinking-water quality, v. 2**. Geneva, CH: WHO, 1984, 344 p.
- ZIELHUIS, R.L.; *et al.* Health risks to female workers in occupational exposure to chemical agents. Germany, DD: Springer-Verlag Berlin Heidelberg, 1984, 126 p. (**Int. Arch. Occup. Env. Health Supplement**).