

## NTP 184: Mercurio. Control ambiental y biológico



Mercury. Environmental and biological control  
Mercure. Contrôle atmosphérique et biologique

Las NTP son guías de buenas prácticas. Sus indicaciones no son obligatorias salvo que estén recogidas en una disposición normativa vigente. A efectos de valorar la pertinencia de las recomendaciones contenidas en una NTP concreta es conveniente tener en cuenta su fecha de edición.

### Redactor:

Enrique Gadea Carrera  
Ldo. en Ciencias Químicas

CENTRO NACIONAL DE CONDICIONES DE TRABAJO - BARCELONA

### Introducción

El mercurio es un metal muy utilizado desde la antigüedad, siendo su toxicidad ampliamente conocida y estudiada. Sus efectos tóxicos afectan al sistema nervioso central y periférico, además de cierta actividad corrosiva en otros órganos.

El mercurio se halla presente además de en la minería e industria directamente relacionada con él, en una amplia gama de procesos. Entre éstos cabe citar, la producción de cloro (electrolisis cloroálcali), fabricación de aparatos de control (termómetros, barómetros, etc...), pinturas, lámparas, etc... En forma de compuestos orgánicos es también utilizado en la composición de pesticidas.

El mercurio inorgánico (vapores de mercurio elemental) constituye la fuente de riesgo más frecuente en ambientes laborales, mientras que la presencia de mercurio orgánico, en forma de compuestos de alquilmercurio (Metilmercurio), va adquiriendo día a día más importancia en contaminación ambiental, debido a su utilización en pesticidas.

Esta amplia presencia del mercurio, unida a sus especiales propiedades físicas y su elevada toxicidad hacen que la prevención laboral de riesgo por mercurio haya adquirido mucha relevancia.

### Objetivo

En ausencia por el momento de una reglamentación específica para los trabajos con exposición a mercurio, en la presente Nota Técnica se indican algunos datos relativos a valores límites ambientales y biológicos, así como valores de normalidad en fluidos biológicos. Se exponen también algunas metodologías de toma de muestras y análisis al objeto de poder efectuar un control ambiental y biológico.

### Valores límites ambientales

Hay varios países que han establecido concentraciones límites ambientales de mercurio para el ambiente laboral. En la tabla I se exponen algunos de los más comúnmente utilizados.

#### Tabla I: Valores límites ambientales

	E.E.U.U. (ACGIH) (15) TLV/TWA 86/87 mg/m <sup>3</sup>	R.F.A. (16) MAK 86 mg/m <sup>3</sup>	URSS (17) Norma GOST 86 mg/m <sup>3</sup>	SUECIA (17) LLV 86 mg/m <sup>3</sup>
Mercurio	0,05 * **	0,1	0,01 0,005 (Valor promedio para un puesto de trabajo)	0,05
Mercurio compuestos orgánicos	0,01 (Compuestos alquílicos) 0,03 (Compuestos alquílicos, valor STEL) 0,1 (Compuestos arílicos)	0,01	0,005 (Dietilmercurio) 0,005 (Cloruro de etilmercurio) 0,005 (Fosfato de etilmercurio)	0,05 0,01 (Compuestos alquílicos)
Mercurio compuestos inorgánicos	0,1		0,2 (Cloruro mercúrico) 0,2 0,05 (Valor promedio para un puesto de trabajo)	0,05

*Nota: Todos son valores promedio, excepto los valores de la URSS que son valores techo.*  
\* NIOSH (1) 0,05 mg/m<sup>3</sup>  
\*\* OSHA (13) 0,1 mg/m<sup>3</sup>

Se observa que en la mayoría de los casos se hace una diferenciación entre mercurio, compuestos inorgánicos y compuestos orgánicos, particularizándose en algunos casos en compuestos concretos. Las concentraciones se refieren siempre a mercurio elemental.

Todos los valores indicados en la tabla son valores promedio de una jornada laboral (TWA: para 8 horas diarias y 40 semanales) de duración variable según los distintos países, excepto para la Unión Soviética en donde son valores techo, salvo que se indique lo contrario.

#### Otras adscripciones:

1. ACGIH: American Conference of Governmental Industrial Hygienists.
2. TLV/TWA: Threshold Limit Values/Time Weighted Average.
3. TLV/STEL: Threshold Limit Values/Short Term Exposure Limit
4. NIOSH: National Institute for Occupational Safety and Health.
5. OSHA: Occupational Safety and Health Administration U.S. Department of Labor.
6. R.F.A.: República Federal de Alemania.
7. MAK: Maximale Arbeitsplatzkonzentrationen.
8. LLV: Level Limit Value.
9. GOST: URSS State Committee for Standards.

#### Valores límites biológicos

Pocos países y organismos internacionales han adoptado índices biológicos para evaluar el grado de exposición a mercurio. En la tabla II se exponen algunos de estos valores y los propuestos por algunos autores.

**Tabla II: Valores límites biológicos**

	SANGRE	ORINA
	µg Hg/100 ml sangre	µg Hg/litro orina
EE.UU. (ACGIH) BEI, 1986/7 (15)	En estudio	En estudio
R.F.A. BAT-Werte, 1986 (16)	5 (Mercurio metálico y compuestos inorgánicos) 10 (Compuestos orgánicos)	200 (Mercurio metálico y compuestos inorgánicos)
O.M.S., 1980 (8)	---	50 µg/g creatinina
Baselt, 1980 (3)	3	50 a 100
Lauwerys, 1982 (10)	3	50 µg/g creatinina
Göthe, 1985 (14)	Establece 3 niveles: 3 ..... Impregnación 3 a 6 .... Control Activo 6 ..... Separación puesto de trabajo	---

Los valores límites biológicos hacen comúnmente referencia a la concentración de mercurio en orina y en sangre, por ser éstos los parámetros biológicos más utilizados para el control de trabajadores expuestos. (9). Se admite una buena correlación entre mercurio en orina y mercurio ambiental (10) aunque algunos autores indican que es mejor la existente entre mercurio en aire y mercurio en sangre

(14).

El mercurio también puede cuantificarse en otros medios biológicos (pelo, saliva, uñas, etc.), presentando interés en estudios epidemiológicos retrospectivos los valores de mercurio en pelo.

En la tabla III se indican algunos valores de concentraciones normales de mercurio citados en la bibliografía.

**Tabla III: Valores normales**

	SANGRE	ORINA
	$\mu\text{g Hg}/100\text{ ml}$	$\mu\text{g Hg}/\text{litro}$
Baselt, 1980 (3)	2	< 10
Lauwerys, 1980 (10)	< 2	< 5 $\mu\text{g/g}$ creatinina
Göthe, 1985 (14)	< 1,4	--
Merian 1987 (18)	<0,02-0,19	0,2-2

#### Otras adscripciones:

1. ACGIH: American Conference of Governmental Industrial Hygienists.
2. R.F.A.: República Federal de Alemania
3. BEI: Biological Exposures Indices
4. BAT-Werte: Biologische Arbeitsstofftoleranzwerte
5. OMS: Organización Mundial de la Salud

## Control ambiental y biológico de mercurio. Metodologías de toma de muestras y análisis

### Control ambiental

Existen varios procedimientos para la determinación ambiental de mercurio, pudiéndose utilizar sistemas activos o pasivos. La utilización de uno u otro sistema dependerá del tipo de evaluación que se desea realizar, de las condiciones instrumentales y técnicas disponibles y de la forma en que se encuentre el contaminante. Si se desea medir una concentración puntual pueden utilizarse aparatos de lectura directa.

El caso más frecuente es la captación de mercurio en estado vapor, para lo cual se pueden utilizar tubos adsorbentes (hopcalita, bióxido de manganeso, carbón activo, etc.) o monitores pasivos (placas de oro, plata, etc.) que amalgaman el mercurio. Si se ha captado en tubos adsorbentes, lo más frecuente es determinar el mercurio mediante Espectrofotometría de Absorción Atómica y si se han utilizado monitores pasivos se acostumbra a medir variaciones de conductividad eléctrica. Si el mercurio se encuentra en forma de materia particulada (polvo) su captación se realizará en filtros y su análisis (5) por Espectrofotometría de Absorción Atómica. Para la determinación analítica también se pueden utilizar técnicas electroquímicas (Polarografía, Potenciometría de redisolución química).

En la tabla IV se exponen las condiciones de toma de muestra y los parámetros analíticos para análisis de mercurio elemental, captado en tubos adsorbentes de hopcalita y analizado por Espectrofotometría de Absorción Atómica mediante el sistema de vapor frío. El método consiste en hacer pasar un volumen conocido de aire a través de un tubo adsorbente que contiene gránulos de hopcalita. Los gránulos son digeridos mediante una mezcla ácida, diluyéndose posteriormente las muestras. Se toman alícuotas de las disoluciones anteriores y se introducen en el sistema de generación y arrastre de mercurio donde el mercurio es reducido. El mercurio vapor generado es leído por Absorción Atómica a 253,7 nm.

**Tabla IV: Condiciones de toma de muestras y análisis de mercurio ambiental. Captación en tubos de hopcalita. Sistema del vapor frío. (Norma INSHT HA-2117) (4)**

TOMA DE MUESTRAS	ANÁLISIS
<p><b>Sistema de captación:</b> Tubo adsorbente de hopcalita (0,2 ó 0,5 gr).</p> <p><b>Flujo:</b> 0,1 a 0,25 l.p.m. (tubos de 0,2 gr) 1 a 3 l.p.m. (tubos de 0,5 gr)</p> <p><b>Volumen:</b> = 20 l.</p> <p><b>Intervalo de aplicación:</b> 0,02-0,20 µg de Hg. Para 20 l. equivale a: 0,005 y 0,05 mg Hg/m<sup>3</sup></p> <p><b>Límite de detección:</b> 2 a 5 ng de Mercurio.</p>	<p><b>Técnica:</b> Absorción Atómica sin llama (vapor frío).</p> <p><b>Tratamiento de la muestra:</b> Digestión con HCl-HNO<sub>3</sub> (1:1) a 80-100°C.</p> <p><b>Solución final:</b> Dilución a 25 ml con agua bidestilada.</p> <p><b>Reductor:</b> Sn Cl<sub>2</sub> al 20% en ClH (1:1).</p> <p><b>Longitud de onda:</b> 253,7 nm.</p> <p><b>Calibración:</b> Preparación de patrones por dilución de un patrón de 5 ppm de Hg.</p> <p><b>Sensibilidad:</b> 2 ng de Hg.</p> <p><b>Margen de trabajo:</b> 0,02 a 0,20 µg de Hg.</p> <p><b>Precisión:</b> CV: ± 4,8%</p> <p><b>Interferencias:</b> No hay interferencias conocidas.</p> <p><b>Observaciones:</b> El método no distingue entre los distintos compuestos de mercurio que hayan sido adsorbidos. Si el compuesto mercurial está en forma de polvo, la captación se debe realizar con filtros.</p>
TRANSPORTE Y ALMACENAMIENTO	
<p>El almacenamiento puede hacerse a temperatura ambiente, aunque se recomienda guardar los tubos de hopcalita en nevera.</p> <p>Debe adjuntarse uno o dos blancos por cada lote de muestras.</p>	

## Control biológico

Como ya se indicó anteriormente los parámetros biológicos utilizados comúnmente son la concentración de mercurio en sangre y en orina.

En las tablas V y VI se describen brevemente las condiciones analíticas y de toma de muestra para la determinación de mercurio en sangre y orina mediante Espectrofotometría de Absorción Atómica utilizando el sistema de vapor frío, el cual ya se ha descrito anteriormente.

**Tabla V: Condiciones de toma de muestras y análisis de mercurio en sangre mediante Espectrofotometría de Absorción Atómica. Sistema del vapor frío (Norma INSHT HA-212) (7)**

TOMA DE MUESTRAS	ANÁLISIS
<p><b>Especimen:</b> Sangre total.</p> <p><b>Contenedor:</b> Tubos libres de Hg (10 ml.)</p> <p><b>Anticoagulantes:</b> Heparina o EDTA</p> <p><b>Volumen:</b> De 2 a 5 ml de sangre</p>	<p><b>Técnica:</b> Absorción Atómica sin llama (vapor frío).</p> <p><b>Tratamiento muestra:</b> Las muestras se digieren con HClO<sub>4</sub>-HNO<sub>3</sub> (1:4) a ~75°C. en baño.</p> <p><b>Solución final:</b> Dilución a 10 ml con agua bidestilada.</p> <p><b>Reductor:</b> Sn Cl<sub>2</sub> al 20% (p/v) en HCl (1:1).</p> <p><b>Lectura:</b> Sistema de generación y arrastre de vapor de mercurio (vapor frío).</p> <p><b>Longitud de onda:</b> 253,7 nm.</p> <p><b>Calibración:</b> Por adición a una sangre normal a partir de una solución patrón de 1 ppm de Hg.</p> <p><b>Sensibilidad:</b> 3 ng de Hg.</p> <p><b>Margen de trabajo:</b> 0,005 a 0.10 µg Hg (0,5 a 10 µg/100 ml sangre).</p> <p><b>Precisión:</b> No ha sido determinada</p> <p><b>Interferencias:</b> Algunos disolventes orgánicos absorben en la línea de mercurio.</p> <p><b>Observaciones:</b> No distingue entre las distintas formas de mercurio.</p>
ESTABILIDAD Y ALMACENAMIENTO	
<p>Las muestras de sangre se guardan en nevera (4°C.), sin congelar.</p> <p>Las muestras así guardadas son estables durante 1 mes.</p>	

**Tabla VI: Condiciones de toma de muestras y análisis de mercurio en orina mediante Espectrometría de Absorción Atómica. Sistema del vapor frío (Norma INSHT HA-214) (6)**

TOMA DE MUESTRAS	ANÁLISIS
<p><b>Especimen:</b> Orina (si es posible 24 horas).</p> <p><b>Contenedor:</b> Frascos de polietileno o vidrio borosilicado convenientemente lavados.</p> <p><b>Conservante:</b> 0,1% de persulfato potásico.</p> <p><b>Volumen:</b> De 25 a 50 ml. de orina</p>	<p><b>Técnica:</b> Absorción atómica sin llama (vapor frío).</p> <p><b>Tratamiento de la muestra:</b> Tratamiento con H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> conc. y KMnO<sub>4</sub>.</p> <p><b>Reductor:</b> Sn Cl<sub>2</sub> 20% (p/v) en HCl (1:1).</p> <p><b>Lectura:</b> Sistema de generación y arrastre de vapor de mercurio (Vapor frío).</p> <p><b>Longitud de onda:</b> 253,7 nm.</p> <p><b>Calibración:</b> Por adición sobre una orina normal a partir de un patrón de 1 ppm de Hg.</p> <p><b>Sensibilidad:</b> 3 ng de Hg.</p> <p><b>Margen de trabajo:</b> 4 a 200 ng Hg (4,0 a 200 µg Hg/l. orina).</p> <p><b>Precisión:</b> CV: 10%.</p> <p><b>Interferencias:</b> Algunos disolventes orgánicos absorben en la línea del mercurio.</p> <p><b>Observaciones:</b> Si la orina no es de 24 horas, y con objeto de reducir los efectos de la dilución de la misma, se recomienda referir los resultados a la concentración de creatinina.</p> <p>Se han obtenido buenos resultados tratando la muestra sólo con nítrico.</p>
ESTABILIDAD Y ALMACENAMIENTO	
<p>Las muestras de orina se guardan en nevera (~4°C.)</p> <p>Las muestras así guardadas tienen una estabilidad de dos meses.</p>	

## Bibliografía

(1) NIOSH

**Criteria for a Recommended Standard... Occupational exposure to Inorganic Mercury, U.S.**

Department of Health, Education and Welfare, Publ. (NIOSH) 73-11024. 1973

(2) NIOSH

**Manual of Analytical Methods**

2nd. ed. V. 1. Method P 8 CAM 165. U. S. Department of Health, Education and Welfare, Publ (NIOSH) 1977

(3) BASELT, R.

**Biological Monitoring Methods for Industrial Chemicals**

Biomedical Pub. Davis, California. 1980

(4) INSHT.

**Captación de mercurio en hopcalita y determinación por Espectrofotometría de Absorción Atómica (Sistema del Vapor frío).**

INSHT. Norma HA-2117 B. 1980

(5) INSHT

**Determinación ambiental de mercurio en polvos de semillas**

INSHT. Norma HA-2117 C. 1980

(6) INSHT

**Determinación espectrofotométrica de mercurio en orina (Sistema del vapor frío)**

INSHT. Norma HA-214 1980

(7) INSHT

**Revisión y actualización de la norma "HA-212. Mercurio en sangre"**

ITB/3007.80. 1980

(8) O.M.S.

**Límites de exposición profesional a los metales pesados que se recomiendan por razones de salud**

Serie Informes Técnicos. 647, 110-125 1980

(9) ARCE, R., MAZARRASA, O., MOYA, SILVA, J.V., y BREÑOSA, A.

**Valores ambientales y biológicos en trabajadores expuestos a vapores de mercurio. Contribución al esclarecimiento de la relación aire/orina.**

IV Symposium de Higiene Industrial. Fundación MAPFRE. Majadahonda (MADRID). Diciembre 1981

(10) LAUWERYS, R.

**Toxicologie Industrielle et intoxications professionnelles**

Ed. Masson PARIS, 1982

(11) STONARD, M.D., et al.

**An evaluation of renal function in workers occupationally exposed to mercury vapor**

Int. Arch. Occup. Environ. Health 52, 177-189, 1983

(12) TSALEV, D.L.

**Atomic Absorption Spectrometry in occupational and environmental Health Practice**

C.R.C. Press. Boca Ratón. FLORIDA 1983

(13) NIOSH

**Manual of Analytical Methods**

3rd. ed. V.I. Method U. S. Department of Health and Human Services, Publ. (NIOSH). 1984

(14) GOTHE. C. et al.

**Biological monitoring of exposure to metallic mercury**

Clinical Toxicology. 23. (4-6), 381-389. 1985.

(15) ACGIH.

**Threshold Limit Values and Biological Exposure indices for 1986-1987**

ACGIH. ISBN: 0-936712-69-4. 1986

(16) D.F.G.

**Maximum Concentrations of the Work place and Biological Tolerance Values for Working Materials 1986**

VCH Verlagsgesellschaft m BH, D-6940 Weinheim. Federal Republic of Germany 1986

(17) I.N.R.S.

**Valeurs limites pour les concentrations des substances dangereuses dans l'air des lieux de travail**

Cahiers de notes documentaires 125, 549-585. 1986

(18) MERIAN, E.

**Metalle in der Umwelt.**

Ed. Velag Chemie. 1987.