
**PISSQ PROGRAMA INTERNACIONAL DE SEGURIDAD
DE LAS SUSTANCIAS QUÍMICAS**



Guía para la Salud y la Seguridad No. 44

BERILIO

GUÍA PARA LA SALUD Y LA SEGURIDAD

Este es un volumen que acompaña a la publicación
“Environmental Health Criteria 106. Beryllium”
(Criterios de Salud Ambiental 106: Berilio)



**CENTRO PANAMERICANO DE ECOLOGÍA HUMANA Y SALUD
PROGRAMA DE SALUD AMBIENTAL
ORGANIZACIÓN PANAMERICANA DE LA SALUD
ORGANIZACIÓN MUNDIAL DE LA SALUD**

**Metepec, Estado de México, MÉXICO
1993**

ISBN 92 75 37090 7

(traducción)

La traducción de esta Guía se realizó bajo el patrocinio del Programa Internacional de Seguridad de las Sustancias Químicas (PISSQ), con un apoyo financiero otorgado por el “National Institute of Environmental Health Sciences” (Instituto Nacional de Ciencias de Salud Ambiental) de los Estados Unidos de América

Título original en inglés:

Beryllium. Health and Safety Guide

Health and Safety Guide No. 44

ISBN 92 4 151044 7

ISSN 0259-7268

© World Health Organization 1990

Publicado por la Organización Mundial de la Salud para el Programa Internacional de Seguridad de las Sustancias Químicas (un programa de colaboración entre el Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente, la Organización Internacional del Trabajo y la Organización Mundial de la Salud).

Revisión Técnica: Ana Rosa Moreno.

Revisión Editorial: Elvia Lara.

CONTENIDO

	Página
INTRODUCCIÓN	5
1. IDENTIDAD Y USOS DEL PRODUCTO	7
1.1 Identidad	7
1.2 Propiedades físicas y químicas	7
1.3 Composición	7
1.4 Producción y usos	7
2. RESUMEN Y EVALUACIÓN	9
2.1 Exposición humana	9
2.2 Captación, metabolismo, y excreción	9
2.3 Efectos en los organismos del ambiente	9
2.4 Efectos en los animales	10
2.5 Efectos en los seres humanos	10
3. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	12
3.1 Enfermedad aguda por berilio	12
3.2 Enfermedad crónica por berilio	12
3.3 Cáncer	13
4. PELIGROS PARA LA SALUD DEL HOMBRE, PREVENCIÓN Y PROTECCIÓN, ACCIONES DE EMERGENCIA	14
4.1 Principales peligros para la salud del hombre, prevención y protección, primeros auxilios	14
4.1.1 Asesoría para médicos	14
4.1.2 Asesoría para la vigilancia de la salud	14
4.2 Peligros de explosión e incendio	15
4.2.1 Peligros de explosión	15
4.2.2 Peligros de incendio	15
4.2.3 Prevención	16
4.2.4 Agentes extinguidores de incendio	16
4.3 Almacenamiento	16
4.4 Transporte	16
4.5 Derrames	16
4.6 Eliminación	17

CONTENIDO

5. PELIGROS PARA EL AMBIENTE Y SU PREVENCIÓN	18
6. RESUMEN DE LA INFORMACIÓN SOBRE LA SEGURIDAD DE LAS SUSTANCIAS QUÍMICAS	19
7. REGLAMENTOS, GUÍAS Y NORMAS ACTUALES	23
7.1 Valores límite de exposición	23
7.2 Restricciones específicas	23
7.3 Etiquetado, embalaje y transporte	29
BIBLIOGRAFÍA	30

INTRODUCCIÓN

Los documentos de los Criterios de Salud Ambiental (CSA), a cargo del Programa Internacional sobre la Seguridad de las Sustancias Químicas incluyen una evaluación de los efectos en el ambiente y en la salud del ser humano por la exposición a una sustancia o a una combinación de sustancias, o bien a agentes físicos o biológicos. Estos documentos también proporcionan guías para establecer los límites de exposición.

El propósito de una Guía para la Salud y la Seguridad es el facilitar la aplicación de estas guías en programas nacionales de seguridad química. Las tres primeras secciones de la Guía para la Salud y la Seguridad destacan la información técnica relevante en el CSA correspondiente. La sección 4 incluye la asesoría sobre medidas preventivas y de protección, así como acciones de emergencia; los trabajadores del área de la salud deberán familiarizarse a fondo con la información médica para asegurar una actuación eficiente ante una emergencia. En la Guía, hay un Resumen de la Información sobre la Seguridad de las Sustancias Químicas que debe ser de fácil acceso y explicarse con claridad a todos los que puedan tener contacto con la sustancia. La sección sobre la información reglamentaria fue extraída del archivo legal del “Registro Internacional de Sustancias Químicas Potencialmente Tóxicas” (IRPTC, siglas en inglés) y de otras fuentes de las Naciones Unidas.

Este documento está dirigido a los profesionales de los servicios de salud ocupacional, a aquellos que trabajan en los ministerios y agencias gubernamentales, industrias y sindicatos, y que están preocupados por el uso seguro de las sustancias y por evitar peligros de salud ambiental, así como a quien desee mayor información sobre este tema. Se ha tratado de utilizar terminología que sea familiar al lector potencial; no obstante, las secciones 1 y 2 incluyen inevitablemente algunos términos técnicos. Se proporciona una bibliografía para los lectores que requieran mayor información básica.

Se llevará a cabo, en el momento preciso, la revisión de la información contenida en esta Guía para la Salud y la Seguridad, siendo la meta final el uso de terminología estandarizada. Nos serán muy útiles sus comentarios sobre cualquier dificultad que haya usted tenido al utilizar la guía y deberán enviarse a:

The Manager
International Programme on Chemical Safety
Division of Environmental Health
World Health Organization
1211 Geneva 27
Switzerland

**LA INFORMACIÓN CONTENIDA EN
ESTA GUÍA DEBERÁ CONSIDERARSE
COMO EL PUNTO INICIAL DE UN
PROGRAMA COMPLETO DE SALUD
Y SEGURIDAD**

1. IDENTIDAD Y USOS DEL PRODUCTO

1.1 Identidad

Nombre común:	Berilio
Fórmula química:	Be
Número de registro del CAS:	7440-41-7
Sinónimos comunes:	glicinio, glucino

1.2 Propiedades Físicas y Químicas

El berilio es un metal gris acero, quebradizo y ligero, estable al calor y también químicamente estable. Tiene una densidad muy baja y un muy alto punto de fusión. El calor específico, el calor de la fusión, la conductancia sónica, y la proporción resistencia-a-peso también son altos. El polvo del berilio es explosivo e inflamable.

1.3 Composición

El metal de berilio, el óxido (berilia), y diversas aleaciones, en particular la aleación berilio-cobre, tienen todos una importancia comercial. La mayor parte de las aleaciones de berilio contienen hasta 3% de la sustancia. La berilia se produce a temperaturas que fluctúan entre aproximadamente 500 °C y 1500 °C, y existe una amplia evidencia que la toxicidad, y quizás la carcinogenicidad, del óxido de berilio dependen de su temperatura de combustión.

1.4 Producción y Usos

El berilio y la bertrandita son los únicos minerales del berilio con importancia económica. Los únicos en producirlos son Japón, los E.U.A., y la U.R.S.S.. En otros países, se importa el metal puro, las aleaciones, o el óxido de berilio cerámico para procesarlos a productos finales. Se estima que la producción mundial de berilio es del orden de 400 toneladas por año.

La sustancia se utiliza principalmente en forma de berilio-cobre y de otras aleaciones en las industrias aeroespacial, electrónica, y mecánica para la producción de partes de motores de aviones, contactos e interruptores eléctricos, resortes, herramientas que no produzcan chispa, y electrodos para soldadura. El metal de berilio puro se emplea en las industrias aeroespacial, de armamento,

IDENTIDAD Y USOS DEL PRODUCTO

y nuclear. Las aplicaciones incluyen materiales estructurales especiales, frenos de avión, blindajes para calor, componentes de reactores de misiles y nucleares, así como pantallas de rayos X. El polvo de berilio se usa también como propulsor de cohetes sólidos. El óxido de berilio tiene muchas aplicaciones cerámicas en la electrónica y en la microelectrónica.

2. RESUMEN Y EVALUACIÓN

2.1 Exposición Humana

La creciente aplicación en la alta tecnología del berilio es paralela a un incremento en la exposición potencial humana al metal del berilio, al óxido de berilio, y a las aleaciones que contienen la sustancia. Sin embargo, a condición que sean adecuadas las medidas de control en la industria del berilio, la población general está principalmente expuesta al compuesto en el aire por la combustión del combustible fósil a niveles que suelen ser bajos. Cuando se utilizan aleaciones para vaciado que contienen el compuesto para prótesis dentales, es necesario considerar el contacto cutáneo.

La exposición en el lugar de trabajo es por inhalación y contaminación de la piel. En tanto que puede ocurrir una exposición a altas concentraciones de berilio que cause efectos agudos, las normas establecidas por diversos países (ver sección 7) han reducido dramáticamente las concentraciones de la sustancia en el lugar de trabajo. Sin embargo, estos valores no se logran en todas partes.

2.2 Captación, Metabolismo, y Excreción

En los animales, el berilio inhalado permanece en los pulmones y es absorbido lentamente en la sangre. Una parte importante de la dosis inhalada se incorpora al esqueleto, que es el último sitio de deposición del compuesto.

Una proporción considerable de la sustancia absorbida es excretada con rapidez, principalmente en la orina. Parte del compuesto inhalado es eliminado en las heces, probablemente como resultado del aclaramiento del tracto respiratorio y de la digestión del berilio ingerido.

Debido al largo almacenamiento del berilio en el esqueleto y en los pulmones, su vida media biológica es sumamente larga. En el esqueleto humano, se ha calculado que es de 450 días.

2.3 Efectos en los Organismos del Ambiente

Los datos sobre el destino del compuesto en el ambiente, que incluyen sus efectos en los organismos acuáticos y terrestres, son limitados. Los niveles de berilio en las aguas superficiales (índice de $\mu\text{g/litro}$) y en los suelos (índice de mg/kg de peso seco) suelen ser bajos y probablemente no afectan en forma negativa al ambiente.

RESUMEN Y EVALUACIÓN

2.4 Efectos en los Animales

La implantación de compuestos de berilio y de berilio metálico en los tejidos subcutáneos puede producir granulomas similares a los observados en los seres humanos. Los cobayos desarrollan una hipersensibilidad cutánea a las inyecciones intradérmicas de compuestos solubles de berilio.

Varias especies de animales desarrollan neumonitis química tras la inhalación del metal de berilio o de diferentes compuestos de la sustancia. La exposición a largo plazo a una baja concentración resulta en neumonitis crónica relacionada con granulomas. Esta respuesta corresponde sólo parcialmente a la enfermedad crónica en los seres humanos.

La toxicidad por la inhalación del óxido de berilio insoluble depende de sus propiedades físicas y químicas. Debido a que el tamaño final de sus partículas y a que los agregados formados son más pequeños, los óxidos de berilio de “combustión baja” (500-750 °C) son tóxicos, en tanto que los de “combustión alta” (>1000 °C) parecen ser relativamente inertes.

El metal de berilio expuesto al aire desarrolla un recubrimiento de óxido sobre su superficie y se comporta toxicológicamente como la variedad de “combustión baja”. Los compuestos de la sustancia soluble se precipitan como hidróxido tras depositarse en los pulmones. El envejecimiento de estos precipitados produce también un óxido de berilio que se asemeja desde el punto de vista toxicológico a la variedad de “combustión baja”.

El berilio interactúa con el ADN y causa mutaciones genéticas, aberraciones cromosómicas, e intercambio de cromátidas hermanas en las células somáticas de mamífero cultivadas, aunque no es mutagénico en los sistemas de prueba bacteriana.

Las inyecciones intravenosas e intramedulares de metal de berilio y de diversos compuestos de la sustancia han producido cáncer óseo en el conejo, pero no en el cobayo, la rata, o el ratón. La inhalación o la exposición intratraqueal ha inducido tumores pulmonares en la rata, pero no en el conejo, el hamster, o el cobayo. No obstante algunas deficiencias en el diseño del estudio y en la práctica de laboratorio, se ha confirmado la actividad carcinogénica del berilio en los diferentes animales.

RESUMEN Y EVALUACIÓN

2.5 Efectos en los Seres Humanos

Los casos de enfermedad aguda por berilio que resultan en nasofaringitis, bronquitis, y grave neumonitis química han disminuido drásticamente y, hoy en día, ocurren sólo como consecuencia de fallas en los sistemas de control. La enfermedad crónica por berilio difiere de la forma aguda al tener un período de latencia que fluctúa entre varias semanas y más de 20 años y al ser de larga duración y de gravedad progresiva. El principal efecto se presenta en los pulmones. La característica típica es una inflamación granulomatosa de los pulmones relacionada con disnea al realizar ejercicios, tos, dolor de pecho, pérdida de peso, y debilidad general. Los efectos en otros órganos pueden ser secundarios más que sistémicos. La gran variabilidad en la latencia y la falta de relaciones dosis-respuesta pueden explicarse por una sensibilización inmunológica. La incidencia de la enfermedad crónica por la sustancia ha disminuido claramente. Sin embargo, esta enfermedad puede ocurrir aún entre los individuos sensibilizados expuestos a concentraciones de aproximadamente $2 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

Dependiendo de la susceptibilidad individual, el contacto directo con las sales de berilio solubles puede causar una dermatitis (de contacto) retrasada, en ocasiones relacionada con conjuntivitis. Cuando los compuestos de berilio permanecen dentro, o bajo, la piel, se desarrollan ulceraciones granulomatosas crónicas.

Varios estudios epidemiológicos han proporcionado evidencia de un exceso de cáncer pulmonar por la exposición ocupacional a la sustancia. La interpretación de estos resultados ha sido cuestionada, pero los datos disponibles indican que el berilio es la explicación más probable del exceso de cáncer pulmonar observado en los trabajadores expuestos.

3. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Los peligros del berilio para la salud se limitan casi exclusivamente a la exposición por inhalación y al contacto cutáneo. A menos que por accidente se libere la sustancia en el ambiente, la población general enfrenta una exposición a niveles muy bajos de berilio en el aire que no plantean un peligro para la salud. Debido a la alta sensibilización y al potencial alergénico del berilio iónico, el uso de la sustancia para prótesis dentales debe ser reconsiderado.

3.1 Enfermedad Aguda por Berilio

La exposición ocupacional a la sustancia plantea un peligro para la salud que puede resultar en lesiones cutáneas y efectos adversos en el tracto respiratorio. La enfermedad aguda por berilio puede presentarse después de una exposición a concentraciones relativamente altas de la sustancia en el humo y el polvo ($>100 \mu\text{g}/\text{m}^3$). Debido a que han mejorado las medidas de control, no se espera que ocurran estas altas concentraciones en las situaciones ocupacionales actuales.

3.2 Enfermedad Crónica por Berilio

Se han diagnosticado cientos de casos de enfermedad crónica por berilio en diversos países en todo el mundo. La gran mayoría de estos casos se ha debido a una exposición previa a altas concentraciones de la sustancia durante su extracción y fundición, la producción de tubos fluorescentes (ya no una fuente de exposición al berilio), y la producción de metal de berilio.

Más recientemente, se han diagnosticado casos de enfermedad por berilio tras exposiciones a niveles bastante bajos (de alrededor de $2 \mu\text{g}/\text{m}^3$). Los resultados de estudios recientes sugieren que puede ser común un cierto grado de sensibilidad inmunológica a la sustancia en los trabajadores expuestos por más de 10 años. Las normas actuales de exposición ocupacional pueden no excluir el

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

desarrollo de una enfermedad crónica por berilio en los individuos sensibilizados a la sustancia.

Sin importar su ocupación, los individuos en los que se sospecha sarcoidosis, deben ser evaluados para definir su sensibilidad inmunológica a la sustancia, debido a la posible inadvertencia de una exposición al berilio.

3.3 Cáncer

Muchos estudios en animales experimentales han proporcionado evidencia suficiente de la carcinogenicidad de la sustancia. Los datos epidemiológicos disponibles indican que el berilio es la única explicación más probable del exceso de cáncer pulmonar observado en los trabajadores expuestos.

4. PELIGROS PARA LA SALUD DEL HOMBRE, PREVENCIÓN Y PROTECCIÓN, ACCIONES DE EMERGENCIA

4.1 Principales Peligros para la Salud del Hombre, Prevención y Protección, Primeros Auxilios

La inhalación y la exposición cutánea al berilio y a sus compuestos puede ser sumamente peligrosa. Al manejar el metal, las aleaciones, o los componentes, se debe recordar que, a menos que se tenga un cuidado especial, pueden estar contaminados sobre su superficie por una película de polvo de óxido de berilio. En el Resumen de la Información sobre la Seguridad de las Sustancias Químicas (sección 6) se señalan los efectos de la exposición a la sustancia, su prevención, y las recomendaciones de primeros auxilios.

4.1.1 *Asesoría para médicos*

Puede ocurrir una dermatitis irritante y alérgica como resultado del contacto cutáneo; se pueden desarrollar úlceras y granulomas locales y distales después de una implantación cutánea si no se realiza con rapidez un desbridamiento adecuado. La sobre-exposición accidental al berilio formado por partículas finas, o a sus compuestos, puede resultar en respuestas agudas en el tracto respiratorio superior e inferior, que fluctúan entre una leve inflamación de las membranas mucosas nasales y la faringe a traqueobronquitis y a grave neumonitis química con edema pulmonar. Los casos con síntomas respiratorios agudos posteriores a una inhalación aguda del polvo deben ser hospitalizados para que se realice una evaluación.

En los sujetos que desarrollan una sensibilización inmunológica, la exposición a la sustancia respirable puede producir una enfermedad crónica por berilio con un período latente de algunas semanas a varios años. La característica típica es una inflamación pulmonar granulomatosa relacionada con disnea al realizar ejercicios, tos, dolor de pecho, pérdida de peso, fatiga, y debilidad general; pueden ocurrir también un agrandamiento derecho del corazón, cianosis y dedos en palillo de tambor. Los cambios pulmonares son muy similares a los que se observan en la sarcoidosis u otras enfermedades granulomatosas. Existe también el posible riesgo de cáncer pulmonar.

4.1.2 *Asesoría para la vigilancia de la salud*

- (a) Se debe proporcionar un examen médico especializado para considerar la idoneidad de los solicitantes para el trabajo cuando supone una exposición al berilio o a sus compuestos; es posible que se deban aplicar condiciones especiales de trabajo a los individuos.

PELIGROS PARA LA SALUD DEL HOMBRE, PREVENCIÓN Y PROTECCIÓN, ACCIONES DE EMERGENCIA

Los siguientes puntos deben ser considerados:

- (i) Enfermedad pulmonar previa o existente de naturaleza recurrente o crónica;
 - (ii) La función ventilatoria;
 - (iii) Todas las condiciones de naturaleza alérgica;
 - (iv) Las condiciones cutáneas que no permiten una limpieza eficaz;
- (b) Los trabajadores potencialmente expuestos al berilio o a sus compuestos deben ser sometidos a exámenes periódicos a intervalos establecidos por el médico. Los exámenes deben incluir:
- (i) Espirometría, que incluya capacidad vital forzada (CVF) y volumen expiratorio forzado a un segundo (VEF1) así como mediciones de flujo máximo;
 - (ii) Una historia y un examen médicos apropiados;
 - (iii) Una placa de rayos X del tórax tomada según las recomendaciones de ILO en la técnica de radiografía para neumonoconiosis.
- (c) Se debe iniciar un monitoreo regular de la higiene ambiental que incluya, según sea apropiado, pruebas de la limpieza, determinación de los niveles de fondo, y monitoreo personal cerca de la zona de respiración.

4.2 Peligros de Explosión e Incendio

4.2.1 Peligros de explosión

El berilio en partículas muy finas puede ser explosivo.

4.2.2 Peligros de incendio

Al ser quemado, el berilio en partículas muy finas emite una luz brillante y un intenso calor (4500 °C en oxígeno). El polvo de berilio reacciona con el cloro, fluoro, bromo, yodo, o fósforo para formar gases o vapores inflamables, y con los ácidos formando gases o vapores peligrosos

PELIGROS PARA LA SALUD DEL HOMBRE, PREVENCIÓN Y PROTECCIÓN, ACCIONES DE EMERGENCIA

4.2.3 *Prevención*

Utilizar sistemas cerrados, ventilación con extracción local, y equipo eléctrico e iluminación protegidos contra explosión, bien aterrizados. Impedir que el polvo o los pulverizados de berilio entren en contacto con llamas o superficies calientes.

4.2.4 *Agentes extinguidores de incendio*

Utilizar arena, ceniza de sosa, o polvo comercial para extinguir fuego metálico. No emplear agua o bióxido de carbono.

4.3 Almacenamiento

Almacenar el berilio en partículas finas, y los compuestos y aleaciones de la sustancia en estructuras o envases cerrados, claramente etiquetados. Los envases deben ser diseñados y manejados con seguridad para evitar su rompimiento accidental. El acceso a las áreas de almacenamiento debe estar restringido a las personas autorizadas, a las que se deberá proporcionar, y entrenar en el uso de, equipo de protección apropiado para exposiciones previsibles razonables.

4.4 Transporte

Obedecer cualquier requerimiento local sobre el movimiento de productos peligrosos. Verificar que los envases están en buen estado y correctamente etiquetados antes de su despacho. En caso de accidente, apagar el motor. Si se derrama polvo de berilio, retirar todas las fuentes de ignición. No fumar. Mantener a los espectadores a distancia y colocar señales de peligro sobre la carretera. Mantenerse en contra del viento. En caso de derrame o fuego, utilizar los métodos aconsejados en las secciones 4.5 y 4.2, respectivamente. Notificar de inmediato a la policía y a la brigada contra incendios.

4.5 Derrame

Si se libera o derrama polvo, humo, o niebla que contenga berilio, las personas sin equipo protector deberán ser excluidas del área de peligro. Retirar las fuentes de ignición. No se debe utilizar barrido en seco o aire comprimido para limpiar. Sólo se podrá emplear en la descontaminación una aspiradora industrial para propósitos especiales, con filtro de alta eficiencia.

PELIGROS PARA LA SALUD DEL HOMBRE, PREVENCIÓN Y PROTECCIÓN, ACCIONES DE EMERGENCIA

4.6 Disposición

Los desechos y las sobras de berilio deben ser recogidos, dispuestos en bolsas selladas u otros envases cerrados, claramente etiquetados, y o bien reciclados o enterrados en un basurero autorizado. Obedecer los reglamentos locales.

Los desechos de la sustancia deben ser reciclados, cuando sea posible. Los desechos sólidos o líquidos con una concentración demasiado baja de berilio para que se justifique la recuperación, deben ser eliminados en basureros especiales. Antes de su disposición, el compuesto de berilio implicado debe ser convertido en el óxido químicamente inerte, pero bastante activo desde el punto de vista biológico.

Los desechos del polvo de berilio, y del carbonato, cloruro, y selenato de berilio deben ser convertidos en óxidos inertes, mediante incineración y técnicas para la recuperación de partículas. Si es posible, estos óxidos deben ser reciclados; de lo contrario, pueden ser eliminados en un relleno sanitario. Las aleaciones de berilio-cobre pueden también ser dispuestas en un relleno sanitario. Los compuestos solubles de la sustancia deben ser convertidos en hidróxido insoluble antes de su solidificación. No se deben calentar a altas temperaturas los compuestos de la sustancia, a menos que el aparato esté equipado con filtros absolutos.

5. PELIGROS PARA EL AMBIENTE Y SU PREVENCIÓN

El berilio no plantea un peligro importante para la vida acuática y terrestre, excepto en los casos de accidente o disposición inapropiada. La contaminación del suelo, del agua, y de la atmósfera puede ser evitada mediante métodos apropiados de almacenamiento, transporte, y disposición de desechos.

6. RESUMEN DE LA INFORMACIÓN SOBRE LA SEGURIDAD DE LAS SUSTANCIAS QUÍMICAS

Este resumen deberá ser puesto a disposición de todos los trabajadores del área de la salud que tengan que ver con el berilio, así como de los usuarios del producto. Se deberá desplegar en o cerca de las entradas a las áreas en donde haya una exposición potencial al berilio, y sobre el equipo de procesamiento y los contenedores. El resumen deberá ser traducido al (los) idioma(s) del lugar. También se deberán explicar con claridad las instrucciones del resumen a todas las personas potencialmente expuestas al producto químico.

Se dispone de lugar para la inserción del Límite Nacional de Exposición Ocupacional, la dirección y el número de teléfono del Centro Nacional de Control de Intoxicaciones, y para los nombres comerciales locales.

RESUMEN DE LA INFORMACIÓN SOBRE LA SEGURIDAD DE LAS SUSTANCIAS QUÍMICAS			
BERILIO (Be) (No. de registro del CAS: 7440-41-7)			
PROPIEDADES FÍSICAS	OTRAS CARACTERÍSTICAS		
Peso atómico	9.01	Metal gris acero, ligero, el polvo es explosivo e inflamable; reacciona con bromo, cloro, fluoruro, yodo, y fósforo para formar compuestos inflamables, y con ácidos formando gases o vapores peligrosos; la inhalación y la exposición dérmica al berilio, y a sus compuestos y aleaciones pueden ser sumamente peligrosas para los seres humanos.	
Punto de ebullición (°C)	2970		
Punto de fusión (°C)	1278		
Densidad específica (g/cm³)	1.85 (20 °C)		
Solubilidad en agua	insoluble		
Presión del vapor (hPa)(°C)	0 (20); 0.000133 (990)		
PELIGROS/SÍNTOMAS	PREVENCIÓN Y PROTECCIÓN	PRIMEROS AUXILIOS	
Carcinógeno humano potencial	Impedir la dispersión del polvo, humo, o niebla; emplear controles de ingeniería, prácticas laborales, y protección para la respiración con el fin de minimizar la exposición		

PIEL: Irritación, enrojecimiento, lesiones posteriores al contacto; abscesos y úlceras después de la contaminación de las heridas

Usar vestimenta protectora impermeable, limpia y guantes; no utilizar la vestimenta de trabajo fuera del lugar de trabajo

Lavar la piel con jabón y abundante agua; retirar la vestimenta contaminada; obtener atención médica

OJOS: Irritación, enrojecimiento, dolor

Usar un escudo para la cara o gafas (goggles)

Enjuagar de inmediato los ojos con agua durante por lo menos 15 minutos; referir a un médico

INHALACIÓN: Irritación del tracto respiratorio; tos, dolor de pecho, debilidad general, y fatiga; la neumonitis y el edema pulmonar pueden ser fatales

Evitar la inhalación de polvos, humos, o nieblas; usar ventilación con extracción local y, en caso de controles de ingeniería insuficientes, emplear respiradores; retirar el polvo por aspiración y aspersión de agua, no mediante métodos secos; impedir la dispersión del berilio de la vestimenta

Retirar del contacto con el berilio; obtener atención médica

INGESTIÓN: Peligro ocupacional poco probable

AMBIENTE: Puede ser peligroso para la vida acuática y terrestre en caso de accidente o disposición inapropiada

Aplicar métodos apropiados de almacenamiento, transporte, manejo, y disposición de desechos

RESUMEN DE LA INFORMACIÓN SOBRE LA SEGURIDAD DE LAS SUSTANCIAS QUÍMICAS

DERRAME	ALMACENAMIENTO	INCENDIO Y EXPLOSIÓN
En caso de liberación o derrame de polvo, humo, o niebla, eliminar las fuentes de ignición; usar equipo de protección; evitar barrer en seco o el aire comprimido para limpiar; usar sólo una aspiradora industrial para propósitos específicos, de alta eficiencia, con filtros.	Almacenar los materiales que pueden liberar el producto en partículas, en edificios o envases cerrados, bien etiquetados; impedir el rompimiento de los envases; sólo el personal autorizado deberá tener acceso a las áreas de almacenamiento	Los polvos o pulverizados muy finos de berilio pueden ser explosivos; ninguna llama abierta, ni chispas, ni fumar; emplear sistemas cerrados, ventilación, equipo eléctrico protegido contra explosiones; hacer conexiones a tierra; usar arena, ceniza de sosa, o polvo comercial extinguidor de fuego metálico; no utilizar agua o bióxido de carbono
DISPOSICIÓN DE DESECHOS	INFORMACIÓN NACIONAL	
Disponerlo en bolsas selladas u otros envases cerrados, claramente etiquetados; reciclar o enterrar en basureros autorizados; obedecer los reglamentos locales	Límite Nacional de Exposición Ocupacional:	No. de Naciones Unidas: 1567
	Centro Nacional de Control de Intoxicaciones:	Etiquetado

7. REGLAMENTOS, GUÍAS, Y NORMAS ACTUALES

La información contenida en esta sección fue tomada del archivo legal del “Registro Internacional de Sustancias Químicas Potencialmente Tóxicas” (IRPTC, siglas en inglés). Se puede obtener del IRPTC una referencia completa del documento nacional original del cual fue extraída la información. Cuando no aparece una fecha en vigor en el archivo legal del IRPTC, se indica con (r) el año de referencia del cual se tomaron los datos

El lector debe estar consciente que las decisiones reglamentarias sobre sustancias químicas, adoptadas en un cierto país, sólo pueden comprenderse por completo dentro de su propio marco legal. Los reglamentos y las guías de todos los países están sujetos a cambio y siempre deberán verificarse con las autoridades reglamentarias apropiadas antes de su aplicación.

7.1 Valores Límite de Exposición

En el cuadro de las páginas 24-28 se señalan algunos valores límite de exposición

7.2 Restricciones Específicas

En la República Federal de Alemania, se requieren medidas de seguridad en las plantas industriales y fábricas especificadas para impedir, o limitar, los efectos de los incidentes en los que exista la posibilidad de liberación, producción, incendio, o explosión de berilio, y que originen un peligro público.

En el Reino Unido, se controlan las emisiones atmosféricas de las fábricas que producen, tratan, o procesan berilio o sus compuestos. La persona responsable debe emplear los mejores medios practicables para impedir la emisión de humos o polvos a la atmósfera, y para convertir cualquier emisión en inocua e inofensiva.

La Comunidad Económica Europea (CEE) requiere que los estados miembro limiten la introducción de berilio y de sus compuestos a las aguas freáticas al controlar todas las descargas directas e indirectas. Los E.U.A. clasifican a la sustancia y a sus compuestos como contaminantes tóxicos para el agua, para los cual la US EPA establece una limitación de efluentes industriales y normas de pre-tratamiento y requiere permisos para la descarga de cualquier punto de origen en las aguas.

REGLAMENTOS, GUÍAS Y NORMAS ACTUALES

VALORES LÍMITE DE EXPOSICIÓN

Medio	Especificación	País/ Organización	Descripción del límite de exposición ^(a)	Valor	Fecha en vigor
AIRE	Lugar de trabajo	Argentina	Concentración máxima permisible (MPC)* - Promedio ponderado con relación al tiempo (TWA)*	0.002 mg/m ³	1979
			- Límite de exposición a corto plazo (STEL)*	0.0025 mg/m ³	
		Austria	Valor de umbral límite (TLV)* - Promedio ponderado con relación al tiempo (TWA)*	0.002 mg/m ³	1985 (r)
		Bélgica	Valor de umbral límite (TLV)* - Promedio ponderado con relación al tiempo (TWA)*	0.002 mg/m ³ (carcinógeno)	1987 (r)
		Bulgaria	Concentración máxima permisible (MPC)*	0.001 mg/m ³	1985 (r)
		Canadá	Valor de umbral límite (TLV)* - Promedio ponderado con relación al tiempo (TWA)*	0.002 mg/m ³ (carcinógeno sospechable)	1980

Checoslovaquia Concentración máxima admisible (MAC)* - Promedio ponderado con relación al tiempo (TWA)* - Valor techo (CLV)*	0.001 mg/m³ 0.002 mg/m³	1985
Finlandia Concentración máxima permisible (MPC)* - Promedio ponderado con relación al tiempo (TWA)*	0.002 mg/m³	1985 (r)
República Democrática Alemana Concentración máxima admisible (MAC)* - Promedio ponderado con relación al tiempo (TWA)* - Límite de exposición a corto plazo (STEL)*	0.002 mg/m³ 0.002 mg/m³	1985 (r)
Alemania, República Federal de Concentración de referencia técnica (TRK)* - Promedio ponderado con relación al tiempo (TWA)* Carcinógeno (ningún valor establecido para MAK)	0.005 mg/m³ (actividades de molienda) 0.002 mg/m³ (todas las demás actividades)	1982 (r)
Hungria Concentración máxima admisible (MAC)* - Promedio ponderado con relación al tiempo (TWA)* - Límite de exposición a corto plazo (STEL)* (30 minutos)	0.001 mg/m³ 0.001 mg/m³	1985 (r)

REGLAMENTOS, GUÍAS Y NORMAS ACTUALES (continuación)

Medio	Especificación	País/ Organización	Descripción del límite de exposición	Valor	Fecha(s) en vigor
AIRE		Italia	Valor de umbral límite (TLV)* - Promedio ponderado con relación al tiempo (TWA)*	0.002 mg/m ³ (carcinógeno provisional)	1985 (r)
		Japón	Concentración máxima admisible (MAC)* - Promedio ponderado con relación al tiempo (TWA)*	0.002 mg/m ³ (probable carcinógeno)	1986 (r)
	Lugar de trabajo (continuación)	Países Bajos	Límite máximo (MXL)* - Promedio ponderado con relación al tiempo (TWA)*	0.002 mg/m ³	1987 (r)
		Polonia	Concentración máxima permisible (MPC)* - Valor techo (CLV)*	0.001 mg/m ³	1985 (r)
		Rumania	Concentración máxima permisible (MPC)* - Valor techo (CLV)*	0.001 mg/m ³	1985 (r)
		Suecia	Valor del límite higiénico (HLV)* - Promedio ponderado con relación al tiempo (TWA)*	0.002 mg/m ³ (carcinógeno)	1988

Suiza	Concentración máxima en el lugar de trabajo (MAK)* - Promedio ponderado con relación al tiempo (TWA)*	0.002 mg/m ³ (carcinógeno)	1987 (r)
Reino Unido	Límite recomendado (RECL)* - Promedio ponderado con relación al tiempo (TWA)*	0.002 mg/m ³	1987 (r)
E.U.A. (OSHA) (reglamentario)	Límite de exposición permisible (PEL)* - Promedio ponderado con relación al tiempo - Concentración techo - Concentración máxima	0.002 mg/m ³ 0.005 mg/m ³ 0.025 mg/m ³	
E.U.A. (NIOSH) (notificativo)	Límite de exposición recomendada (REL)*	≤0.0005 mg/m ³ (carcinógeno humano potencial)	1977
EUA(ACGIH) (notificativo)	Valor de umbral límite (TLV)* - Promedio ponderado con relación al tiempo (TWA)*	0.002 mg/m ³ (carcinógeno sospechable)	1987 (r)
U.R.S.S.	Concentración máxima admisible (MAC)* - Valor techo (CLV)*	0.001 mg/m ³	1977

REGLAMENTOS, GUÍAS Y NORMAS ACTUALES (continuación)

Medio	Especificación	País/ Organización	Descripción del límite de exposición	Valor	Fecha(s) en vigor
AIRE	Ambiente	U.R.S.S.	Límite preliminar de seguridad (PSL)* - Concentración máxima (1 por día)	0.00001 mg/m ³	1983
AIRE	Emisión	Alemania, República Federal de	Límite máximo (MXL)* - Promedio ponderado con relación al tiempo (TWA)*	0.1 mg/m ³ a un flujo de masa de 0.5 g/h o más, para todos los carcinógenos Clase I, que incluye al berilio	1986
AIRE	Emisiones (continuación)	E.U.A.	Límite máximo (MXL)* - promedio de 30 días	0.01 µg/m ³	
		E.U.A.	Límite máximo (MXL)* - Aplicaciones a cohetes: 10-60 minutos acumulados durante 2 semanas consecutivas	75 µg min/m ³	
			- Productos de la combustión recogidos	2 g/h ó 10 g/día	

AGUA	Superficial	U.R.S.S.	Concentración máxima admisible (MAC)*	0.2 µg/litro	1985
AGUA	Potable	U.R.S.S.	Concentración máxima admisible (MAC)*	0.2 µg/litro	1985

a TWA = Promedio ponderado con relación al tiempo para un día de trabajo (en general de 8 horas)

* N. del T.: siglas en inglés

REGLAMENTOS, GUÍAS Y NORMAS ACTUALES

El berilio y sus compuestos están clasificados como “desecho peligroso” para propósitos de importación y exportación por la CEE; el transporte está supervisado y controlado. Los desechos que contienen, o están contaminados por berilio o sus compuestos son clasificados por la CEE como “desechos tóxicos y peligrosos” y su disposición está sujeta a controles. En el Reino Unido, los desechos que contienen berilio o sus compuestos son considerados como “desecho especial” y se controla su producción, disposición, o importación. Los E.U.A. autorizan quemar el berilio y los desechos que lo contienen (excepto los propulsores) sólo en incineradores que cumplen con las normas de emisiones.

La CEE prohíbe el uso y la comercialización de productos cosméticos que contengan berilio o sus compuestos.

7.3 Etiquetado, Embalaje, y Transporte

En la CEE, el berilio y sus compuestos, con excepción de los silicatos del berilio de aluminio, están clasificados como tóxicos para propósitos de etiquetado y embalaje. La etiqueta debe decir:

Muy tóxico por inhalación y al contacto con la piel. Irritante para el sistema respiratorio. Peligro de efectos irreversibles muy graves. En caso de contacto con los ojos, enjuagar de inmediato con abundante agua y buscar atención médica. Después de contacto con la piel, lavar de inmediato. En caso de accidente o si hay malestar, buscar de inmediato atención médica.

Para el transporte marítimo, la Organización Marítima Internacional (OMI) clasifica al polvo de berilio metálico y a los compuestos de berilio como sustancias venenosas, que presentan un peligro médico. Se clasifica también a la sustancia como inflamable. La clasificación por parte de las Naciones Unidas del berilio y de sus compuestos para el transporte de productos peligrosos es de “sustancia venenosa” y, para el embalaje, de “sustancia que presenta un peligro promedio”.

BIBLIOGRAFÍA

- ACGIH (1986) *Documentation of the threshold limited values and biological exposure indices*, Cincinnati, American Conference of Governmental Industrial Hygienists.
- CLAYTON, G.D. & CLAYTON, F.E. (1981) *Patty's Industrial Hygiene and Toxicology*, Vol. 2A, New York, Wiley - Interscience, John Wiley & Sons.
- GOSSELIN R.E. HODGE H.C., SMITH R.P. & GLEASON M.N. (1976) *Clinical toxicology of commercial products*, 4th ed., Baltimore, Maryland, Williams and Wilkins Company.
- DUTCH ASSOCIATION OF SAFETY EXPERTS (1980) *Handling chemicals safety*, 2nd ed., Dutch Association of Safety Expert, Dutch Chemical Industry Association, Dutch Safety Institute.
- IRPTC (1989) *Data profile (legal file, waste disposal file, treatment of poisoning file)*, Geneva, International Register for Potentially Toxic Chemicals, United Nations Environment Programme.
- MATERIAL SAFETY DATA COLLECTION PLUS UPDATING SERVICE (1984) New York, Genium Publishing Corporation.
- SAX, N.I. (1984) *Dangerous properties of industrial materials*, New York, Van Nostrand Reinhold Company, Inc.
- US NIOSH (1976) *A guide to industrial respiratory protection*, Cincinnati, Ohio, US National Institute for Occupational Safety and Health.
- US NIOSH/OSHA (1981) *Occupational health guidelines for chemical hazard*, Washington DC, US National Institute for Occupational Safety and Health, Occupational Safety and Health Association, 3 Vol. (Publication No. 01-123).
- US NIOSH/OSHA (1985) *Pocket guide to chemical hazards*, Washington, DC, US National Institute for Occupational Safety and Health, Occupational Safety and Health Association (Publication No. 85.114).
- WHO (1990) *EHC 106: Beryllium*, Geneva, World Health Organization.