

ÁCIDOS INORGÁNICOS EN AIRE DE AMBIENTES LABORALES.

AUTOR:

Daniel Rojo.
Laboratorio de Toxicología Ocupacional. Instituto de Salud Pública de Chile.

ÁCIDOS INORGÁNICOS EN AIRE DE AMBIENTES LABORALES.

1. INTRODUCCIÓN

Los ácidos inorgánicos (o ácidos minerales) son ácidos derivados de compuestos inorgánicos. Entre ellos se encuentran los ácidos Clorhídrico, Fluorhídrico, Bromhídrico, Sulfúrico, Nítrico, Perclórico y Fosfórico. Estos compuestos se pueden encontrar en ambientes laborales en forma gaseosa, vapores o neblinas.

En esta nota técnica nos limitaremos a describir aquellos ácidos que se encuentran con mayor frecuencia en los ambientes laborales de nuestro país, que son los ácidos Clorhídrico (HCl), Sulfúrico (H₂SO₄) y Nítrico (HNO₃).

2. USOS INDUSTRIALES

Los ácidos inorgánicos tienen amplia utilización en diversos procesos industriales, en reacciones químicas, colorantes, tratamiento de madera, textiles, petróleo y otros. Los ácidos se usan para limpieza de metales, para soldadura y pintura.

Ácido Clorhídrico

Se usa como decapante-desoxidante en la industria sidero-metalúrgica, también en minería, industria petrolera, papelera, construcción y química en general. Es usado también en la fabricación de agroquímicos, productos veterinarios, elaboración de PVC, procesos de estampado en la industria textil, neutralización de lejías en la industria jabonera y producción de productos farmacéuticos.

Ácido Nítrico

El ácido nítrico se utiliza en la fabricación de

nitrato de amonio para fertilizantes y explosivos. Asimismo se utiliza en síntesis orgánicas, metalurgia, flotación de minerales y en procesos de grabado artístico.

Ácido Sulfúrico

Este ácido es el más utilizado en procesos industriales, incluyendo elaboración de fertilizantes, refinación del petróleo, producción de pigmentos, tratamiento del acero, extracción de metales no ferrosos, manufactura de explosivos, detergentes, plásticos y fibras. En Chile es particularmente relevante su uso en la minería del cobre, al ser usado en los procesos de lixiviación y preparación de baños electrolíticos para la electroobtención de cobre de alta pureza.

3. TOXICOLOGÍA

Ácido Clorhídrico

Este ácido es irritante y corrosivo frente a cualquier tejido con el que se pone en contacto. En el aire se encuentra en forma de gas (HCl) y también en neblinas formando parte del material particulado.

Las principales vías de exposición ocupacional a ácido clorhídrico son por inhalación y por la piel u ojos. Exposición aguda por la vía aérea produce irritación, úlceras, tos y sensación de ahogo. En concentraciones altas puede producir taquipnea, hinchazón de la garganta, pudiendo llegar a producir sofocación, edema pulmonar y laríngeo. Exposición por los ojos puede causar extenso dolor, úlceras, conjuntivitis, cataratas y glaucoma. Exposición por la piel puede producir eritemas e irritación, llegando a producir quemaduras químicas.

cas en caso de concentraciones altas.

Exposición crónica a ácido clorhídrico puede producir disminución de la capacidad pulmonar, inflamación de los bronquios y ulceración nasal. De acuerdo con la IARC (International Agency for Research on Cancer), el ácido clorhídrico pertenece al grupo 3 (no clasificable como cancerígeno en humanos).

Ácido Nítrico

En altas concentraciones es altamente corrosivo para cualquier tejido con el que se pone en contacto. Los efectos tóxicos son mayormente generados en el punto de contacto, por lo que los efectos sistémicos son improbables.

Las principales vías de exposición ocupacional a ácido nítrico son por inhalación y por la piel u ojos. Dado que este compuesto forma vapores a temperatura ambiente, es común que se encuentre en el aire de los lugares de trabajo donde se utiliza. Exposición aguda a ácido nítrico produce sequedad de boca y nariz, tos, dolor al pecho, disnea, dolores de cabeza y dificultad para respirar. Exposición a concentraciones altas de ácido nítrico puede provocar edema pulmonar, que puede aparecer aún 48 h después de la exposición al tóxico y producir la muerte.

Exposición crónica a ácido nítrico puede ocasionar una irritación respiratoria crónica como bronquitis, y erosión dental al producir daño al esmalte dental.

El ácido nítrico no es considerado como cancerígeno.

Ácido Sulfúrico

El Ácido Sulfúrico en concentraciones altas es corrosivo para todo tejido con el que se pone en contacto. La exposición a altas concentraciones de este ácido por vía oral o dermal, pueden causar la muerte.

La toxicidad asociada a exposición a este compuesto se debe fundamentalmente a efectos en el

punto de contacto, por lo que se piensa que efectos sistémicos son improbables cuando la exposición es localizada.

Este compuesto no es muy volátil a 20°C, por lo que su presencia en el aire se debe usualmente a la generación de neblinas o aerosoles.

Los efectos de la exposición respiratoria a Ácido Sulfúrico dependen del estado y tamaño de la partícula que contiene el ácido, sitio en que hace contacto con el cuerpo, concentración y humedad. Una persona asmática tiene un mayor riesgo a su salud al estar expuesta a este ácido que a una persona sana. Los síntomas de exposición pueden incluir sensación de quemazón y sofoco, dolor en la garganta, irritación ocular y nasal, tos y opresión en el pecho. Posterior a la exposición, se puede producir edema de la laringe, que se manifiesta como disnea y estridor (obstrucción que genera sonidos durante la inhalación). Si se produce daño severo en los pulmones, se puede producir edema pulmonar, que conlleva riesgo vital, lo que puede ocurrir aún días después de la exposición.

En la piel, exposición a ácido o neblina ácida puede producir irritación severa, con eritemas y dolor. En los ojos, puede producir daño en la córnea, blefaroespasma (espasmo del párpado), conjuntivitis edema palpebral y fotofobia. Quemaduras severas en los ojos pueden producir daño permanente, incluyendo ceguera. Exposición crónica puede producir bronquitis y daño al esmalte dental.

Existe suficiente evidencia que demuestra que neblinas ácidas conteniendo ácido sulfúrico son carcinogénicas en humanos, produciendo tumores en el tracto respiratorio alto. Esto puede generar, por ejemplo, cáncer de laringe.

Niveles de referencia

Los niveles de referencia en ambientes laborales en Chile se encuentran en el Decreto Supremo 594 (DS594):

DS594			
	LPPa mg/m ³	LPTb mg/m ³	LPAc mg/m ³
Ácido Clorhídrico	-	-	6
Ácido Nítrico	4,2	10	-
Ácido Sulfúrico	0,8	3	-

a: Límite Permisible ponderado

b: Límite Permisible Temporal

c: Límite permisible absoluto

MÉTODOS DE MEDICIÓN

Muestreo

Para medir estos compuestos desde el aire, existen métodos que capturan solamente ácidos no volátiles, los que se encuentran en material particulado en las neblinas ácidas. Para eso se hace pasar un volumen medido de aire por un cabezal de muestreo, el que tiene la capacidad de retener las partículas que contienen los ácidos, según su tamaño. El método sugerido para Ácido Sulfúrico por la "Occupational Safety and Health Administration" (OSHA) de EEUU, OSHA ID-113, indica el uso de un filtro de ésteres mezclados de celulosa (MCE). Este filtro retiene con alta eficiencia el ácido sulfúrico contenido en material particulado. Sin embargo la eficiencia es baja para ácidos volátiles, pues solamente una parte de ellos se encuentra disuelta en las partículas retenidas en el filtro. Debido al principio de captura, es posible utilizar un caudal relativamente alto (se recomienda el uso de 2 L/min), con un volumen total sugerido de 480 L.

Existen otros métodos en los que se utiliza un filtro de diferente material, como por ejemplo del método MTA/MA – 060/A05 del Instituto Nacional de Seguridad e higiene en el trabajo (España), que sugiere el uso de un filtro de policloruro de vinilo (PVC). Aplica el mismo principio, cambiando la re-

sistencia del filtro al ataque ácido.

Por otra parte, el método sugerido por OSHA para neblina ácida (OSHA ID-165SG), indica el uso tubos de muestreo de dos secciones conteniendo 400 y 200 mg de Sílica gel. Este material tiene la capacidad de adsorber vapores y gases mediante interacciones polares, permitiendo la captura de ácidos con esas características tales como el Ácido Clorhídrico y el Ácido Nítrico. El tubo de muestreo empaqueta las partículas de Sílica gel utilizando émbolos de fibra de vidrio en ambos extremos de cada sección, los que son sujetos por émbolos de material inerte. El material particulado presente en el aire es retenido en los émbolos de fibra de vidrio, permitiendo de esta forma medir ácidos volátiles y no volátiles. Por esa razón es crítico incluir la fibra de vidrio en el análisis, si se desea determinar los niveles de ácidos no volátiles.

Este método sugiere un caudal de 0,2 L/min, con un volumen total recomendado de 96 litros. Este menor caudal asegura un mayor tiempo de residencia del aire en el tubo, facilitando la interacción de gases y vapores con la Sílica, aumentando de esta forma la eficiencia de la captura.

El método 7903 del "National Institute for Occupational Safety and Health" (NIOSH) de EEUU, recomienda el uso de un tubo de similares características, con caudales entre 0,2 y 0,5 L/min (con

excepción del ácido fluorhídrico que recomienda máximo de 0,3 L/min), con un volumen de muestreo entre 3 y 100 L.

En todos los métodos es crítico el uso de cabezales de muestreo testigos, que permiten sustraer del resultado del análisis el aporte de factores tales como la manipulación de las muestras y posibles aportes de iones por parte del cabezal.

ANÁLISIS

Por las características químicas de estos compuestos, la técnica de elección para su análisis es la separación por cromatografía iónica, con una columna separadora de aniones, y detección por conductivimetría. Esta técnica permite medir con sensibilidad y especificidad adecuadas.

Los ácidos, ya sea capturados en filtros o en tubos, deben ser desorbidos desde los cabezales utilizados. Para ello se usan soluciones diluidas de carbonato/bicarbonato, las que liberan los ácidos desde el filtro o la sílica, permitiendo su medición en fase acuosa. Diferentes métodos sugieren diferentes columnas cromatográficas. Entre ellos, el NIOSH 7903 recomienda una columna HPIC-AS4A, y el OSHA ID-113 la columna AS4. El instrumento es calibrado con soluciones patrones de los aniones respectivos, estimándose los resultados de las muestras por interpolación en las respectivas curvas de calibración.

CONCLUSIONES

La presencia de ácidos inorgánicos en los ambientes laborales representa un riesgo importante para los trabajadores que se exponen a ellos, incluyendo la aparición de cáncer en el caso de neblinas que contengan Ácido Sulfúrico. Una adecuada vigilancia de los niveles que se alcanzan durante los procesos industriales, permitirá proteger la salud de los trabajadores, mediante la orientación de las soluciones que permiten mantener los niveles de los tóxicos en niveles aceptables.