

EFFECTOS DE LA EXPOSICIÓN A ÁCIDO SULFÚRICO

A.- Exposición aguda:

El ácido sulfúrico es corrosivo para la piel, ojos, nariz, las membranas mucosas, tracto respiratorio y tracto gastrointestinal, o cualquier tejido con el que entra en contacto. Exposiciones más leves (concentraciones de menos del 10%) sólo pueden causar irritación de los tejidos.

A.1.- Inhalación: Los efectos respiratorios de la exposición aguda incluyen irritación de la nariz y la garganta, tos, estornudos, broncoespasmo, disnea, enfisema y edema pulmonar. La muerte puede ocurrir de repente por un colapso circulatorio, edema de la glotis y compromiso de las vías respiratorias.

A.2.- Ingestión: La ingestión de ácido sulfúrico puede causar inmediato dolor epigástrico, náuseas, salivación excesiva y vómito con material hemorrágico y quemaduras gastrointestinales graves. Las quemaduras suelen ser más graves en el estómago e intestino delgado. La ingestión de ácido sulfúrico concentrado puede producir la corrosión del esófago, necrosis y perforación del esófago o el estómago así como la formación de fistulas.

A.3.- Exposición dérmica: pueden producirse graves quemaduras dérmicas con necrosis y formación de cicatrices. Como con cualquier quemadura grave los ácidos pueden producir colapso circulatorio. La exposición a vapores de ácido sulfúrico o al aerosol líquido estimula los reflejos protectores de las vías respiratorias que dan lugar a taquipnea. Las quemaduras pueden ser fatales si un gran área de la superficie del cuerpo está afectada.

A.4.- Contacto con los ojos: Los ojos son especialmente sensibles por su efecto corrosivo. La irritación, lagrimeo y conjuntivitis se pueden desarrollar incluso con bajas concentraciones de ácido sulfúrico. El ácido sulfúrico se disuelve fácilmente en agua haciendo que sea especialmente sensible para los ojos debido a sus efectos corrosivos. El vapor de ácido sulfúrico o niebla es un fuerte irritante y puede causar lagrimeo y conjuntivitis. El contacto por salpicadura puede causar quemaduras en la córnea, la pérdida visual y rara vez perforación del globo.

B.- Exposición crónica:

La exposición crónica puede estar asociada con cambios en la función pulmonar, bronquitis crónica, infecciones respiratorias, rinorrea, conjuntivitis, enfisema, infecciones respiratorias frecuentes, gastritis, erosión del esmalte dental, decoloración o erosión de los dientes y cáncer del aparato respiratorio.

Referencia:

[Rumack BH POISINDEX(R) Information System Micromedex, Inc., Englewood, CO, 2012; CCIS Volume 152, edition expires May, 2012. Hall AH & Rumack BH (Eds): TOMES(R) Information System Micromedex, Inc., Englewood, CO, 2012; CCIS Volume 152, edition expires May, 2012.]

Los valores de LC50 (concentración que produce la muerte en el 50% de los organismos expuestos) para aerosoles de ácido sulfúrico observada en los estudios de inhalación aguda realizados en diferentes especies son bajos.

Dependiendo de la edad de los animales para conejillos de indias, la LC50 varía de 0.018 hasta 0.050 mg/L, y dependiendo de la duración de la exposición, la LC50 varía de 0.37 a 0.42 mg/L en ratas, 0.6 a 0.85 mg/L en ratones y 1.47 a 1.61 mg/L en conejos.

El ácido sulfúrico es corrosivo para la piel, los ojos y las membranas mucosas. Soluciones del 10% de ácido sulfúrico parecen no ser irritante para la piel en diferentes especies. Los resultados contradictorios (no irritante o irritantes graves) se observan en los estudios de irritación de los ojos utilizando soluciones del 10% de ácido sulfúrico, según el protocolo utilizado (OCDE / UE o EPA / EE.UU.).

El ácido sulfúrico no es considerado como un alérgeno en la piel de los seres humanos. En numerosos estudios de exposición inhalatoria repetida a aerosoles de ácido sulfúrico, la toxicidad se limita a los cambios en la estructura y función de las vías respiratorias, lo que sugiere que tiene un efecto local y no sistémico. Los cambios observados están relacionados con las propiedades irritantes del ácido sulfúrico y son muy probablemente debido a la ion H⁺.

En un estudio de inhalación, de 28 días, en ratas expuestas a aerosoles de ácido sulfúrico, se observó: a la concentración más baja utilizada, 0.3 mg/cm³, metaplasia escamosa leve en la exposición del epitelio laríngeo, efecto completamente reversible y a la concentración de 1.38 mg/cm³ metaplasia severa acompañada de proliferación celular.

Referencia:

[OECD; SIDS Initial Assessment Reports for Sulfuric Acid (CAS No: 7664-93-9) for 11th SIAM (January 2001). Available from, as of October 5, 2009. Pg 91: <http://www.inchem.org/documents/sids/sids/7664939.pdf>]

La inhalación de aerosoles de ácido sulfúrico provocan los siguientes efectos en piel, mucosas y aparato respiratorio:

- Aparato respiratorio: corrosivo, sensación de quemazón, dolor de garganta, tos, sensación de ahogo, dificultad para respirar.
- Piel: corrosivo, enrojecimiento, dolor, ampollas, quemaduras graves.
- Ojos: corrosivo, enrojecimiento, dolor, quemaduras profundas graves.

Referencias:

[International Program on Chemical Safety/Commission of the European Communities; International Chemical Safety Card on Sulfuric Acid (February 2000). Available from, as of November 17, 2009: <http://www.inchem.org/pages/icsc.html>]

[Bingham E; Patty's Toxicology CD-ROM (2005). NY, NY: John Wiley & Sons; phosphorus, Selenium, Tellurium, and Sulfur. Online Posting Date: April 16, 2001.]

[Fire Protection Guide to Hazardous Materials. 13 ed. Quincy, MA: National Fire Protection Association, 2002., p. 49-139]

Se ha demostrado que el ácido sulfúrico no tiene efectos en los estudios de toxicidad genética en ensayos bacterianos in vitro. En cambio se ha demostrado que causa aberraciones cromosómicas en una prueba no bacteriana in vitro. Los efectos cromosómicos son bien conocidos por ser una consecuencia de la reducción del pH. No hay estudios de mutagenicidad in vivo disponibles.

Varios estudios epidemiológicos han sugerido una relación entre la exposición a vapores de ácidos inorgánicos que contienen ácido sulfúrico y una mayor incidencia de cáncer de laringe. La Agencia Internacional de Investigación del Cáncer (IARC) ha concluido que "la exposición ocupacional a fuertes nieblas inorgánicas que contienen ácido sulfúrico es carcinogénico para los humanos". Ligeros aumentos en la incidencia de tumores han sido detectados en ratas y ratones después de la exposición a ácido sulfúrico.

No es probable que se produzcan efectos sobre la reproducción en mamíferos después de la exposición al ácido sulfúrico por cualquier vía de exposición.

En un estudio de toxicidad/teratogenicidad en el que fueron administrados aerosoles de ácido sulfúrico vía inhalatoria a ratones y conejos, el NOAEL (nivel de dosis a la cual no se observan efectos adversos) para las madres fue 20 mg/m³. No se describieron evidencias de fetotoxicidad o teratogenicidad en ninguna de las especies estudiadas.

Referencias:

[American Conference of Governmental Industrial Hygienists. Threshold Limit Values of Chemical Substances and Biological Exposure Indices, ACGIH, Cincinnati, OH 2009, p. 53]

[DHHS/National Toxicology Program; Eleventh Report on Carcinogens: Strong Inorganic Acid Mists Containing Sulfuric Acid (7664-93-9) (Sulfuric Acid) (January 2005). Available from, as of September 18, 2009: <http://ntp.niehs.nih.gov/ntp/roc/eleventh/profiles/s164sulf.pdf>]

[OECD; SIDS Initial Assessment Reports for Sulfuric Acid (CAS No: 7664-93-9) for 11th SIAM (January 2001). Available from, as of October 5, 2009. Pg 91: <http://www.inchem.org/documents/sids/sids/7664939.pdf>]

CASOS CLÍNICOS DERIVADOS DE LA EXPOSICIÓN A ÁCIDO SULFÚRICO

- Se ha estudiado el efecto del ácido sulfúrico en la humedad relativa, el cual induce síntomas a través de las vías respiratorias. Doce voluntarios varones fueron expuestas a 39.4 mg/m³ aerosoles de ácido sulfúrico a una humedad relativa de 62% durante 1 hora, o a 20.8 mg/m³ a una humedad relativa de 91% durante 30 min. La MMD (diámetro medio de masa) para ambas condiciones de

humedad fue de 0.99 μm . La exposición al 62% de humedad relativa fue bientolerada, tenían algo de tos al entrar en la cámara pero esta se disipó en unos pocos minutos. La resistencia al flujo de aire se incrementó del 36% al 100% por encima de lo normal en los 12 sujetos expuestos. En la exposición al 91% de humedad relativa, los autores del estudio indicaron que la niebla era casi intolerable en el inicio, pero los hombres fueron capaces de continuar por un periodo de 30 minutos. Se observó tos intensa durante todo el periodo experimental, y la resistencia al flujo de aire se incrementó del 43% hasta 150%. Los autores del estudio señalan que durante las exposiciones en la cámara, los hombres fueron autorizados para caminar o fumar si así lo deseaban.

Referencia:

[EE.UU. Departamento de Salud y Servicios Humanos y de la Agencia para Sustancias Tóxicas y el Registro de Enfermedades; Reseña Toxicológica del trióxido de azufre y ácido sulfúrico p.42 (diciembre de 1998). Disponible a partir, el 15 de octubre de 2009: <http://www.atsdr.cdc.gov/toxpro2.html>]

- Se ha estudiado el patrón de la respiración en un número indeterminado de voluntarios sanos expuestos a aerosoles de ácido sulfúrico (tamaño medio de partícula de 1 μm) con una máscara facial durante 5-15 minutos a 0.35-5 mg/m^3 . Se observaron cambios en la respiración en todas las concentraciones. En 0.35 mg/m^3 , se observó un incremento del 35% en la tasa de respiración y una disminución del 20% en la tasa de flujo. A 5 mg/m^3 , se observó la mayor respuesta en cuanto a una disminución en el volumen minuto.

Referencia:

[EE.UU. Departamento de Salud y Servicios Humanos y de la Agencia para Sustancias Tóxicas y el Registro de Enfermedades; Reseña Toxicológica del trióxido de azufre y ácido sulfúrico p.42 (diciembre de 1998). Disponible a partir, el 15 de octubre de 2009: <http://www.atsdr.cdc.gov/toxpro2.html>]

- En un estudio sobre 7 voluntarios varones sanos expuestos a 0.471 mg/m^3 de ácido sulfúrico DAMM (masa de diámetro aerodinámico de la mediana) no se observaron efectos en el volumen minuto, volumen tidal, la frecuencia respiratoria o la ventilación minuto. La exposición de 1 hora constaba de 40 minutos de reposo, seguido por 20 minutos de ejercicio moderadamente fuerte. El tamaño del aerosol de 10 μm utilizado en este estudio no llegó a los pulmones.
- En un estudio sobre 9 varones expuestos a 1.2 – 1.6 mg/m^3 de ácido sulfúrico (MMD de 0.05 μm) durante 2 horas con ejercicio intermitente no se observaron efectos sobre la función pulmonar.

Referencia:

[EE.UU. Departamento de Salud y Servicios Humanos y de la Agencia para Sustancias Tóxicas y el Registro de Enfermedades; Reseña Toxicológica del trióxido de azufre y ácido sulfúrico pp.42-3 (diciembre de 1998). Disponible a partir, el 15 de octubre de 2009: <http://www.atsdr.cdc.gov/toxpro2.html>]

- En un estudio sobre 17 pacientes asmáticos expuestos a 0.45 mg/m^3 de aerosoles de ácido sulfúrico a través una boquilla de (DAMM de 0.81 μm) se observó una disminución de la conductancia específica de las vías respiratorias. A una concentración de 1 mg/m^3 fue observada una reducción en el FEV

(volumen respiratorio forzado en 1 seg). Cuando los sujetos fueron expuestos a 0.1 mg/m³ no se observaron efectos sobre la función pulmonar de éstos.

- En un estudio sobre 15 voluntarios asmáticos expuestos a 0.35 mg/m³ de aerosoles de ácido sulfúrico (MMAD 0.8 µm) a través de una boquilla durante 30 minutos se observó una reducción en el FEV y en el flujo respiratorio del 60% de la capacidad pulmonar total.

Referencia:

[EE.UU. Departamento de Salud y Servicios Humanos y de la Agencia para Sustancias Tóxicas y el Registro de Enfermedades; Reseña Toxicológica del trióxido de azufre y ácido sulfúrico p.43 ácido (diciembre de 1998). Disponible a partir, el 15 de octubre de 2009: <http://www.atsdr.cdc.gov/toxpro2.html>]

Los estudios de exposición aguda indican que los voluntarios asmáticos adolescentes son generalmente más sensibles a la inhalación de aerosoles de ácido sulfúrico que los individuos sanos mayores de esa edad.

- En un estudio de 22 adolescentes (de edades entre 12-19) asmáticos expuestos a 0.07 mg/m³ aerosoles de ácido sulfúrico (DAMM de 0.71 µm) a través de una mascarilla se observó una disminución transitoria en la CVF (capacidad vital forzada) y FEV. Las exposiciones fueron durante 40 o 50 min y los sujetos se ejercitaron durante 10 o 30 min. Los investigadores indicaron que la respuesta generada fue pequeña. No se observaron efectos sobre el flujo máximo de la capacidad vital.
- En un estudio de 10 adolescentes asmáticos expuestos a 0.1 mg/m³ aerosoles de ácido sulfúrico (MMAD 0.6 µm) a través de una mascarilla se observó un aumento de la resistencia respiratoria, disminución del flujo máximo entre el 50% y 75% de la capacidad vital, y la disminución de VEF. Las exposiciones fueron durante 30 minutos en reposo, seguido por 20 min de ejercicio moderado.
- En un estudio de 14 adolescentes asmáticos que fueron expuestos a 0.035 mg/m³ aerosoles de ácido sulfúrico (MMAD 0.6 µm) durante 45 min se observó una disminución en el FEV del 6.1%. Durante las exposiciones, los sujetos se ejercitaron para alternar periodos de 15 min. No se observaron efectos significativos sobre la función pulmonar hasta después de 90 minutos de exposición en 0.035 mg/m³, o después de 45 o 90 minutos de exposición a una concentración de 0.07 mg/m³.

Referencia:

[EE.UU. Departamento de Salud y Servicios Humanos y de la Agencia para Sustancias Tóxicas y el Registro de Enfermedades; Reseña Toxicológica del trióxido de azufre y ácido sulfúrico pp.43-4 (diciembre de 1998). Disponible a partir, el 15 de octubre de 2009: <http://www.atsdr.cdc.gov/toxpro2.html>]

- Los investigadores estudiaron la respuesta respiratoria de los seres humanos a la inhalación de ácido sulfúrico en condiciones controladas de exposición clínica. La exposición a partículas de 1µm duró de 5 a 15 minutos a través de una máscara con una concentración de exposición de 0.35 a 5 mg/m³. Por debajo de 1 mg/m³, los sujetos no podían detectar el ácido sulfúrico por el olor, sabor o irritación. Todos los sujetos podrían detectar una exposición de 3 mg/m³ y a 5 mg/m³. La inhalación de ácido sulfúrico a niveles bajos tales como 0.35 mg/m³

provocan cambios en la frecuencia respiratoria. Este cambio se cree que es un reflejo a un estímulo irritante. La tasa de respiración de los sujetos aumentó 35% durante la exposición y se dejó caer al 13% por encima de los valores de control de 3 minutos después de la exposición. Estos cambios en la tasa de respiración se acompañan de una disminución del 28% en el volumen corriente.

Referencia:

[Conferencia Americana de Higienistas Industriales Gubernamentales. Documentación de la TLV y BEI con otros de la World Wide Valores de Exposición Ocupacional. CD-ROM de Cincinnati, OH 45240-1634 de 2007.]

- Voluntarios sanos fueron expuestos a través de una máscara a 10 N de ácido sulfúrico niebla de concentración entre 3 y 39 mg/m³ (diámetro 1 µm) al 62% de humedad relativa. Los sujetos fueron expuestos también en una cámara a 4 N de ácido sulfúrico niebla de 11.5 a 38 mg/m³ (diámetro 1.5 µm) al 91% de humedad relativa. Las exposiciones con la máscara tenían una duración de 10 minutos y las exposiciones en cámara fueron de hasta 60 minutos de duración. En general, el ácido sulfúrico era mucho más irritante a una mayor humedad.

Referencia:

[NIOSH; documento de criterios: Ácido sulfúrico p.28 (1974) Pub DHEW. NIOSH 74-128]