
Hidrógeno de sulfuro: un riesgo potencial para la salud pública

Zuñiga-Carrasco Iván R.¹

Jefe del Servicio de Epidemiología, UMF 223 IMSS Lerma, México Poniente.¹

Resumen

El hidrógeno de sulfuro (H₂S) es un gas tóxico, dañino para la salud; la intoxicación depende tanto de la duración de la exposición, como de la concentración. Este gas es irritante para los pulmones y en bajas concentraciones irrita los ojos y el tracto respiratorio. La exposición puede producir; cefalea, fatiga, mareos, deambulación vacilante, diarrea seguida algunas veces por bronquitis y bronconeumonía. Hay evidencias de síntomas adversos a la salud, elevados en comunidades expuestas durante largo tiempo a niveles bajos de H₂S en el medio ambiente, por ejemplo en áreas geotérmicas.

Palabras clave: Hidrogeno de sulfuro, olor a huevo, gas tóxico

Abstract

Hydrogen sulfide (H₂S) is a toxic gas, harmful to health, poisoning will depend on both the duration of exposure and the concentration. This gas is irritating to the lungs and in low concentrations it irritates the eyes and the respiratory tract. Exposure can produce; headache, fatigue, dizziness, hesitant ambulation, diarrhea, sometimes followed by bronchitis and bronchopneumonia. There is evidence of elevated adverse health symptoms in communities exposed for a long time to low levels of H₂S in the environment, for example in geothermal areas.

Key words: Hydrogen sulfide, rotten egg smell, toxic gas

Introducción

Sinónimos: Ácido sulfhídrico, H₂S, Hidrogeno de sulfuro, Sulfuro de hidrogeno, Ácido hidrosulfúrico, Gas de alcantarilla, Gas amargo, Hidruo de azufre, Monosulfuro de dihidrógeno, Sulfuro de dihidrógeno, Hidrógeno sulfurado.

Fórmula molecular: H₂-S; *Fórmula estructural:* H-S-H

Aspecto y olor: Gas incoloro. Líquido incoloro a temperaturas extremadamente bajas o muy alta presión. Olor a huevos podridos en concentraciones muy bajas. Olor dulce nauseabundo a 30-100 ppm. Umbral de olor: los valores varían ampliamente. Rango de valores aceptables: 0,001-0,13 ppm (detección). Umbrales medios del olor del aire: 0,0094 ppm (detección); 0,0045 ppm (reconocimiento). La pérdida de la capacidad para oler el H₂S comienza con 50 ppm; exposiciones por encima de 100 ppm pueden amortiguar rápidamente (2-15 minutos) el sentido del olfato.

Los efectos sobre la salud varían dependiendo de cuánto tiempo y a qué nivel una persona está expuesta. Una persona calificada necesita evaluar la presencia y concentración de sulfuro de hidrógeno en el aire utilizando instrumentos de prueba. Esta persona también determina la necesidad de precauciones contra fuego/explosión; si el gas está presente, el espacio debe ser ventilado; si el gas no puede removerse, se debe usar protección respiratoria apropiada y cualquier otro equipo necesario de protección personal (EPP), de rescate y comunicación.

La detección a través del olor no es confiable. La fatiga olfativa puede resultar de exposición prolongada a concentraciones

inferiores a 100 ppm. El sentido del olfato es amortiguado por encima de 100 ppm.

Efectos crónicos de la exposición a niveles más bajos (<10 ppm) a veces se encuentran en exposiciones del orden de 5 a 10 ppm. En entornos comunitarios, aunque son más comunes como antecedentes en lugares de trabajo como refinerías de petróleo. Niveles arriba de 1 ppm son muy poco comunes en la comunidad, donde las concentraciones por encima del umbral de olor (generalmente por encima de 0,05 ppm para la mayoría de la gente) son normalmente inaceptables y procesados como molestia. Se pueden observar efectos en la salud a exposiciones <1 ppm, pero la evidencia es débil.^{1,2,3}

Composición: El hidrogeno de sulfuro se encuentra con mayor frecuencia de manera ocupacional, como contaminante ambiental y de manera comercial. La mayor parte del H₂S se fabrica y utiliza de forma cautiva (es decir, en el lugar de producción) o transportada a lo largo de varios kilómetros por tubos; se transporta en cilindros, carros cisterna y camiones cisterna como gas licuado inflamable, comprimido bajo su propia presión de vapor. También está disponible como mezcla en gases de nitrógeno o hidrógeno, acero especial o acero inoxidable adecuado para el uso con H₂S; se puede utilizar para transporte, depósitos, tuberías de almacenamiento, tuberías y pozos de petróleo y gas natural. Dado que el H₂S; puede reaccionar con el hierro en presencia de humedad, el acero utilizado debe elegirse con cuidado.

El H₂S se encuentra más comúnmente como un contaminante ambiental, presente de manera natural en petróleo crudo, gas natural, gas ácido, minas de sal, gases volcánicos, manantiales de azufre, lagos, cuerpos de agua estancados, estanques de





agua salada, sedimentos marinos, respiraderos submarinos, pantanos, instalaciones de tratamiento de aguas residuales, establos de ganado, estiércol y como gas en algunos minerales. Se forma como resultado de la descomposición bacteriana de la materia orgánica; contiene azufre y puede estar formado por bacterias en el tracto digestivo. Es un subproducto de gran variedad de operaciones industriales, como refinerías de petróleo, plantas petroquímicas, plantas de gas natural, fábricas de papel madera (papel Kraft), fundiciones de hierro, producción de coque a partir de carbón con azufre, plantas procesadoras de alimentos, curtidurías, eliminación de estiércol animal, mantenimiento de tuberías, ganadería, producción de azufre, producción de agua pesada, producción y almacenamiento de gas de sulfuro de hidrógeno, producción de disulfuro de carbono, fracturación hidráulica (mejor conocido en inglés como fracking), producción de rayón y paneles de yeso.^{2,3}

El principal uso industrial del H₂S es la producción de azufre elemental y ácido sulfúrico; se utiliza para la producción de compuestos tioorgánicos y sulfuro de sodio e hidrosulfuro de sodio; para la purificación de ácidos clorhídrico y sulfúricos; para reponer el contenido de sulfuro en la fabricación de pasta Kraft; para la purificación de minerales por flotación selectiva; en metalurgia para precipitar sulfuros de minerales como cobre, níquel y cobalto; en la eliminación de cobre, cadmio y titanio en el gastado de catalizadores; para la activación de catalizadores como los de craqueo de petróleo pre sulfurados, en la producción de lubricantes de extrema presión; en la formulación de fósforos de tierras raras para su uso en tubos de televisión; tratamiento de superficies metálicas; para la pasivación de las paredes de los reactores que operan a altas temperaturas en las operaciones petroleras, para formar una capa de sulfuro en la superficie de alambres o placas de acero que se van a recubrir con pintura o plástico; en la producción de agua pesada para la industria nuclear; en química analítica y como un aditivo en aceites de corte. Históricamente, el H₂S se utilizó como desinfectante agrícola.^{2,3}

Antecedentes históricos

El cuadro clínico por intoxicación aguda causada por hidrógeno de sulfuro se describió por primera vez en 1700 (y probablemente reconocido mucho antes). El mecanismo de toxicidad del hidrogeno de sulfuro, en tiempo atrás, se asumía que era análogo al cianuro, pero las teorías anteriores no pudieron explicar las diversas anomalías observadas y desviaciones del modelo de toxicidad por cianuro.²

Epidemiología

El hidrógeno de sulfuro es la segunda causa más común de muerte por inhalación de gases en el lugar de trabajo (siendo el monóxido de carbono la primera causa). Tiene características únicas que hacen de los casos de intoxicación por hidrogeno de sulfuro, poco usuales, distintivos y muy similar de un caso a otro.¹

Los casos de toxicidad aguda por hidrógeno de sulfuro son esporádicos, impredecibles y relativamente poco frecuentes. Los efectos a varios niveles de exposición son como sigue: 0,001-0,13 ppm umbral de olor (muy variable); 1-5 ppm olor moderadamente ofensivo, probabilidad de náuseas o cefalea cuando existe exposición prolongada; 20-50 ppm irritación de nariz, garganta y pulmones, trastornos gastrointestinales y pérdida del apetito, el sentido del olfato comienza a volverse

"fatigado", no se puede confiar en el olor como una advertencia de exposición; 100 -200 ppm irritación severa de nariz, garganta y pulmones, capacidad para oler olores desaparece por completo; 250-500 ppm acumulación de líquido potencialmente fatal en los pulmones (edema pulmonar) en ausencia de sistema nervioso central efectos (dolor de cabeza, náuseas, mareos), especialmente si la exposición es prolongada; 500 ppm - irritación pulmonar severa, agitación, mareo, estupor, colapso repentino ("desmayo"), inconsciencia y muerte dentro de 4-8 horas, pérdida de memoria durante el período de exposición; 500-1000 ppm parálisis respiratoria, latidos cardíacos irregulares, colapso y muerte.²

Exposiciones mortales a hidrógeno de sulfuro en humanos, puede tener lugar con 150 ppm durante 6 horas o 650 ppm durante 8,5 minutos. Esto significa que, para el sulfuro de hidrógeno, concentraciones más altas son mucho más tóxicas, incluso con periodos de exposición más cortos.¹

Exposición prolongada (durante varias horas o días) a concentraciones tan bajas, 50-100 ppm, pueden causar secreción nasal, tos, ronquera y acortamiento de aliento. La exposición prolongada a concentraciones más altas puede producir bronquitis, neumonía y una acumulación de líquido potencialmente mortal en pulmones (edema pulmonar).

Existen informes de casos de muertes, en trabajadores en las industrias del petróleo, tratamiento de aguas residuales y agricultura. La mayoría han ocurrido en espacios confinados (alcantarillas, tanques, pozos o sumideros en campo abierto o edificios). Se han producido muertes múltiples en un solo sitio; en la mayoría de los incidentes de este tipo, las defunciones suelen ocurrir entre 2 o más, ya que personal tanto capacitado como no capacitado en rescate, se apresuran a salvar a sus compañeros de trabajo y por la premura omiten su Equipo de Protección Personal, formando parte de la nota roja de medios sensacionalistas.²

Datos clínicos

Toxíndrome

En toxicología, un síndrome que está asociado con un veneno en particular se le ha llegado a denominar toxíndromes. La mayoría de toxíndromes son inespecíficos, como las náuseas y confusión; como es el caso de la ingestión de diversos medicamentos nuevos. Los casos de toxicidad por hidrógeno de sulfuro siempre van a encontrar datos de: neurotoxicidad central aguda, edema pulmonar, conjuntivitis, percepción del olor seguida de parálisis las cuales pueden presentarse individualmente o en combinación, independientemente de la susceptibilidad o características del paciente.¹

Lipotimia

La toxicidad central aguda inducida por hidrógeno de sulfuro, conduce a la inconsciencia reversible se llama coloquialmente "desmayo" (lipotimia). Las caídas pueden tener consecuencias fatales.

Una caída puede fácilmente ser fatal si la exposición a una alta concentración (aproximadamente 500 a 1000 ppm) se prolonga, pero si la exposición es transitoria, ya que a menudo se encuentra





por ejemplo en campo petrolífero, debido al movimiento del aire, también puede ser rápidamente reversible. La o el paciente normalmente tiene una caída semejante como cuando se sueltan las cuerdas de una marioneta.

Si la exposición es transitoria, la recuperación puede ser rápida y aparentemente completa. Aquellos que experimentan la recuperación de un desmayo a menudo lo describen como cuando alguien enciende un interruptor, es una sensación desagradable y en quienes recuperan la conciencia, hay presencia de confusión mental. Sin embargo, el daño cerebral también puede resultar en anoxia o lesión cerebral traumática, debido a caída y lesión en región de la cabeza.¹

Efectos respiratorios

Los efectos respiratorios han incluido síntomas (dificultad para respirar al hacer ejercicio, opresión en el pecho o sibilancias) compatibles con hipersensibilidad de las vías respiratorias, daño pulmonar permanente (fibrosis pulmonar) y reducciones significativas en el volumen residual (una medida de la función pulmonar).^{4,5}

Edema agudo pulmonar

El hidrógeno de sulfuro es irritante para las mucosas, por lo tanto afecta principalmente al pulmón y su epitelio. El edema pulmonar es un efecto agudo bien conocido de toxicidad por sulfuro de hidrógeno, especialmente cuando la exposición es prolongada.

El hidrógeno de sulfuro penetra profundamente en las vías respiratorias por su solubilidad la cual es relativamente baja, haciéndolo capaz de causar lesión alveolar que conduce a un edema agudo pulmonar. El pronóstico final para la recuperación pulmonar puede ser buena si la o el paciente puede recibir apoyo durante el episodio agudo.¹

Conjuntivitis irritante

El efecto más común de la exposición al H₂S es la irritación ocular. Se ha informado inflamación e irritación de los ojos en concentraciones muy bajas en el aire, a veces por debajo de 10 ppm.

La conjuntivitis es debido al efecto irritante del hidrógeno de sulfuro. A menudo recurrente en trabajadores, que están expuestos durante períodos prolongados a concentraciones relativamente bajas a 20 ppm. Algunos trabajadores al tener la irritación ocular, reconocen una señal de advertencia como límite de exposición ocupacional permisible, que ocurre a un nivel más bajo que la pérdida del olfato. Una característica peculiar de la conjuntivitis por exposición al sulfuro de hidrógeno, es que puede asociarse con distorsión cromática reversible y cambios visuales. El epitelio corneal desarrolla una fina mancha punteada, se vuelve edematoso, se forman pequeñas vesículas que actúan como una rejilla de difracción, esto da como resultado halos alrededor de las luces como un arco iris que rodea al objeto. Este efecto a veces se acompaña de blefaroespasmos, desgarro y fotofobia.^{1,6,7}

Datos a considerar son prurito, irritación, lagrimeo, ardor, fotosensibilidad, visión borrosa y ulceración en muchos casos de exposición. El contacto directo con el H₂S licuado que sale de un cilindro puede congelar el ojo y causar daño severo o ceguera.²

Efectos olfativos

Debido a su umbral de olor muy bajo, el hidrógeno de sulfuro llega a provocar respuestas psicológicas y fisiológicas en ocasiones severas. El olor y la irritación asociada con el hidrógeno de sulfuro no se puede enmascarar, es probable que sea la explicación de un aumento observado en los síntomas de ansiedad a las 5 ppm; el olor a hidrógeno de sulfuro a ese nivel es percibido por la mayoría de las personas como repugnante como huevo podrido; por lo tanto, puede provocar la aversión como las respuestas fisiológicas (náuseas y aumento del tono vagal), que afectan directamente el estado de salud. El olor también puede ser una señal de advertencia falsa, desencadenando ansiedad, cuando el umbral de olor es por debajo del de toxicidad.

Sin embargo, el gas tiene malas propiedades de advertencia a altos niveles de exposición, porque la percepción del olor desaparece debido a la parálisis olfativa. En concentraciones relativamente altas (aproximadamente 100 ppm), el hidrógeno de sulfuro paraliza el sentido del olfato, impidiendo la percepción de cualquier olor. Este fenómeno elimina la principal señal de advertencia de exposición al sulfuro de hidrógeno, es posible que esto haya llevado a más de un trabajador en los campos petrolíferos a tener una máxima "estás realmente en problemas hasta que ya no puedes oler". Obviamente, la repentina ausencia del olfato no es una buena señal, porque puede pasarse por alto fácilmente; la desaparición del olfato percibido (a diferencia de un olor específico) no es absoluta. La sensación puede persistir, mediada por otras vías, como es el caso del amoníaco y disolventes. Como ocurre con la mayoría de los olores fuertes, las y los trabajadores pueden experimentar fatiga olfativa con niveles bajos de exposición y puede llegar a acostumbrarse a ellos a corto plazo, un fenómeno conocido como fatiga olfativa; es común al procesamiento sensorial de un gran número de olores fuertes. Hay una manifestación sensorial de neurotoxicidad, específico para el hidrógeno de sulfuro conocido como parálisis olfativa, este patrón de toxicidad es atribuible a una toxicidad selectiva para la mucosa en las fosas nasales y a la pérdida de neuronas olfativas después de la inhalación subcrónica; este trastorno a menudo es confundido con la fatiga olfativa la cual es una adaptación sensorial. Así mismo la hiposmia se ha encontrado presente en la mayoría de los hombres que se recuperaron de toxicidad severa, potencialmente letal por hidrógeno de sulfuro. La mucosa olfativa puede recuperarse si la exposición no persiste demasiado tiempo.¹

Signos y síntomas inespecíficos

Cefalea es un fenómeno muy transitorio, sólo dura un día más o menos, así mismo existen cambios cognitivos a corto plazo, pérdida de memoria a corto plazo, que llegan a ser comunes pero inespecíficas. Los trastornos convulsivos solo se informan en el 2% de los casos; la convulsión ocurre durante una caída y se resuelve sin problema evolucionando hacia un trastorno convulsivo crónico. Se han informado síntomas gastrointestinales los cuales incluyen ictericia, diarrea, náuseas y vómitos debido a la exposición pestilente, que la mayoría de la gente encuentra repugnante. La exposición a corto plazo no parece estar asociada con la función pulmonar reducida o mayor reactividad de las vías respiratorias.¹





Efectos respiratorios crónicos

Estudios en trabajadores de alcantarillado, que están expuestos al hidrógeno de sulfuro, pero que también tienen otros factores de riesgo, sugieren que la función pulmonar se reduce significativamente por el hábito tabáquico y puede mostrar una tasa acelerada de disminución.¹

Neurotoxicidad

La neurotoxicidad del hidrógeno de sulfuro, el efecto cardinal por intoxicación aguda y reversible, ocurre en niveles bajos de aquellos que inducen apnea y profunda hipoxia, puede conducir a una lesión cerebral anóxica, pero las dos pueden coexistir. Un tema central en el estudio de la neurotoxicidad, asociado con el hidrógeno de sulfuro ha sido diferenciar entre los efectos primarios de toxicidad en las proximidades de 500 ppm, que provocan lipotimia como un evento neurológico y efectos de la anoxia.

Sin embargo, las exposiciones que resultan en una lipotimia pueden confundirse fácilmente por un traumatismo craneoencefálico debido a la caída; es común la hipoxemia por apnea o actividad convulsiva, incluso los trabajadores a menudo vuelven a trabajar después de una caída. Después de una lipotimia de gravedad la o el paciente puede estar asociada con cambios inespecíficos de personalidad, depresión, amplias reducciones en capacidad cognitiva. La toxicidad del hidrógeno de sulfuro es el resultado de varios efectos, incluida la interferencia con la absorción y el metabolismo de oxígeno y también hipoxia por falta de oxígeno debido a apnea o insuficiencia respiratoria. Estos dos mecanismos producirían lesión cerebral anóxica.¹

El Síndrome de Leigh, una encefalomielopatía necrotizante subaguda puede ser dato de neurotoxicidad debida a la exposición prolongada al hidrógeno de sulfuro a niveles menores a las 0-6 ppm. La Organización Mundial de la Salud ha establecido estándares comunitarios de exposición de 0.003-0.11 ppm durante 24 horas en algunos países. En una tomografía cerebral se puede observar posterior a una exposición industrial, áreas claras en los ganglios basales que sugieren necrosis de los núcleos lenticulares.^{2,8}

Efectos neurológicos

Las y los trabajadores que sobreviven a una exposición grave a corto plazo al H₂S pueden recuperarse completamente o pueden experimentar efectos a largo plazo. Efectos permanentes o persistentes en el sistema nervioso han incluido fatiga, ansiedad, irritabilidad, deterioro intelectual, reducción en la capacidad de atención y/o aprendizaje, ira, confusión, depresión y memoria deficientes, sentido del olfato alterado y déficits motores. Algunos de los efectos del sistema nervioso pueden deberse a la falta de oxígeno que llega a las células cerebrales durante una Exposición al H₂S.

Se pueden presentar síntomas inespecíficos post exposición, destacando: dolor de cabeza, déficit de memoria y falta de concentración, y comúnmente visto como secundario, efectos de factores psicológicos: estrés, insatisfacción laboral, trastorno del sueño.

El hidrógeno de sulfuro se disocia en la sangre en bisulfuro, se incorpora a los tejidos por la circulación y aumenta los niveles de sulfuro en los tejidos sólo durante la exposición. El tiempo de permanencia del hidrógeno de sulfuro en el tejido es corto y el bisulfuro se elimina rápidamente, por lo que los efectos exógenos de hidrógeno de sulfuro en forma de bisulfuro sanguíneo son breves. Ahora se sabe que el nivel endógeno de sulfuro en el cerebro humano es relativamente alto, por lo que el flujo puede no ser detectable. Es probable que la adición de un sulfuro transitorio, la carga pudiera llevar el nivel más allá de un umbral de narcosis o anestesia, pero debe hacerlo de forma súbita y reversible.

El hidrogeno de sulfuro daña severamente la actividad del citocromo en altas concentraciones, por lo que se clasifica como asfixiante celular, semejante a lo que provocan el monóxido de carbono, cianuro y azida. El efecto del hidrógeno de sulfuro en la interrupción de la actividad oxidasa del citocromo c es lo mismo a nivel mitocondrial que la privación de oxígeno o asfixia, excepto que puede actuar más rápidamente.¹

Neuropatía periférica

La neuropatía periférica no se informa a menudo o de manera consistente en casos de toxicidad por hidrógeno de sulfuro, algunos casos han presentado parestesias que no parecen estar asociadas con la neuropatía crónica.¹

Efectos en la piel

El contacto directo con H₂S que se escapa de un cilindro puede causar congelación del tejido. Los síntomas de congelación incluyen entumecimiento, prurito especialmente en el área afectada. La piel puede tener tonos blancos o amarillos. En casos severos puede haber ampollas y necrosis. Cualquier contacto con la piel también implicará exposición por inhalación. El gas H₂S tiene un potencial limitado para ser absorbido a través de la piel y la absorción cutánea no contribuye significativamente a la exposición.^{9,10,11}

Carcinogenicidad

No se sabe que el hidrogeno de sulfuro cause cáncer. Ni en humano o animales se han reportado casos. La Agencia Internacional para la Investigación del Cáncer (IARC) no ha evaluado la carcinogenicidad de esta sustancia química. La Conferencia Americana de Higienistas Industriales Gubernamentales (ACGIH) no ha emitido una designación de carcinogenicidad a esta sustancia química. El Programa Nacional de Toxicología de EE. UU. no ha incluido esta sustancia química en su informe sobre carcinógenos.²

Teratogenicidad, embriotoxicidad, mutagenicidad, toxicidad reproductiva

No hay suficiente información disponible para concluir que el H₂S sea una toxina que afecte el desarrollo embrionario, cromosomas y la fertilidad.^{12,13,14,15,16,17,18}

Intoxicación intencional

En los últimos años, una nueva forma de intoxicación aguda ha surgido, el suicidio por inhalación de H₂S, la cual se ha estado informado cada vez más. La intoxicación intencional por H₂S se





logra mezclando algún tipo de ácido con productos domésticos fácilmente disponibles en los centros comerciales. Las víctimas se quitan la vida en espacios confinados como en coches o apartamentos.^{19,20}

Secuelas

Es común para las víctimas de intoxicación aguda por H₂S desarrollar secuelas neurológicas crónicas, estos efectos neurológicos incluyen: convulsiones recurrentes, cefalea persistente, náuseas, vómitos, fatiga, discapacidad auditiva, trastornos del movimiento (por ejemplo, espasticidad, ataxia), estados psicológicos alterados, deterioro de la memoria, deterioro de la visión (ceguera y errores de discriminación de color), anosmia, amnesia, psicosis, coma prolongado, persistencia estado vegetativo, ansiedad, depresión y trastornos del sueño.^{12,21, 22,23,24}

Típicamente, las secuelas neurológicas se han reportado en víctimas humanas de envenenamiento por H₂S que experimentan coma por períodos que van de 5 a 30 minutos.⁵

En el peor de los escenarios, algunos sobrevivientes de exposición aguda al H₂S luego descienden a estados vegetativos permanentes.^{3,5}

Efectos en los niños

Las y los niños son más vulnerables que las personas adultas al H₂S, primero porque respiran más rápido, absorbiendo significativamente más H₂S por kilogramo de peso corporal que los adultos. Un bebé en reposo, inhala el doble en relación con su tamaño, al igual que un adulto en reposo. Es necesario resaltar que los niños son tres veces más activos cuando están al aire libre, que las y los adultos, dedicándose a actividades deportivas y otras actividades recreativas; lo anterior aumenta la frecuencia respiratoria y significativamente la inhalación en algunos casos de contaminantes ambientales. Es probable que las y los niños estén expuestos al hidrógeno de sulfuro de la misma manera que las y los adultos, aunque estos últimos es a exposición laboral. Debido a que el hidrógeno de sulfuro es más pesado que el aire y niñas y niños son más cortos en estatura, están expuestos más al hidrógeno de sulfuro que las y los adultos. Existe muy poca información sobre posibles problemas de salud en niñas y niños que han estado expuestos al hidrógeno de sulfuro. Las y los niños expuestos probablemente experimentarán efectos similares a los adultos.²⁵

Prevención

Las familias pueden reducir su exposición al hidrógeno de sulfuro, evitando las áreas que son fuentes de dicho gas.²⁵

Conclusión

La intoxicación por hidrógeno de sulfuro ha sido poco estudiada en nuestro país siendo un tema infravalorado por la salud pública; un ejemplo claro es la falta de capacitación a los cuerpos de rescate qué como se comentó en un inicio llegan a fallecer no solo una persona sino hasta cinco, como se puede ver en la nota roja de algún rescate fallido; podemos sospechar que aquellas lipotimias sin causa aparente que ocurren en las estaciones del metro con un desenlace fatal tengan como causa exposición al H₂S, algo

semejante ocurre en la Península de Yucatán donde hay muertes de personas que inexplicablemente caen en algún cenote y mueren ahogadas. Es preciso insistir en realizar investigación de este gas con el cual podemos convivir diariamente sin darnos cuenta de ello.

Referencia bibliográfica

1. Guidotti, T. Hydrogen Sulfide: Advances in Understanding Human Toxicity. *Int J Toxicol.* 2010; 29 (6): 569-81
2. Chemical profiles. Canadian Centre for Occupational Health and Safety. CCOHS Chemical Name: Hydrogen sulfide. En: <https://www.ccohs.ca/products/databases/samples/cheminfo.html> Consultado: 15/06/2021
3. Rumbelha W, Whitley E, Anantharam P, Kim D, Kanthasamy A. Acute hydrogen sulfide-induced neuropathology and neurological sequelae: challenges for translational neuroprotective research. *Ann NY Acad Sci.* 2016; 1378 (1): 5–16
4. Richardson, D. Respiratory effects of chronic hydrogen sulfide exposure. *American Journal of Industrial Medicine.* 1995; 28(1):99-108
5. Jäppinen P, Viikka V, Marttila O, Haahtela T. Exposure to hydrogen sulfide and respiratory function. *British Journal of Industrial Medicine.* 1990;47(12): 824-828
6. Milby T, Baselt R. Health hazards of hydrogen sulfide: current status and future directions. *Environ. Epidemiol. Toxicol.* 1999; 1(3-4): 262-269
7. Grant W. Hydrogen sulfide. *Toxicology of the eye.* 4 ed. Charles C. Thomas, 1993: 797-801
8. Gaitonde U, Sellar R, O'Hare A. Long term exposure to hydrogen sulphide producing subacute encephalopathy in a child. *Br Med J (Clin Res Ed).* 1987; 294 (6572):614
9. The Nordic Expert Group for Criteria Documentation of Health Risks from Chemical and the Dutch Expert Committee on Occupational Standards. Hydrogen sulphide. Edited by: Kristin Svendsen. *Arbete och Halsa.* 2001.14 (127)
10. Reiffenstein R, Hulbert W, Roth S. Toxicology of hydrogen sulfide. *Annu Rev Pharmacol Toxicol.* 1992;32: 109-134.
11. Beauchamp R, Bus J, Popp J, Boreiko C, Andjelkovich D. A critical review of the literature on hydrogen sulfide toxicity. *Crit Rev Toxicol.* 1984;13(1):25-97.
12. Hannah R, Hayden L. Hydrogen sulfide exposure alters the amino acid content in developing rat CNS. *Neurosci Lett.* 1989;99(3):323-327.
13. Hayden L, Goeden H, Roth S. Exposure to low levels of hydrogen sulfide elevates circulating glucose in maternal rats. *Journal of Toxicology and Environmental Health.* 1990; 31(1): 45-52
14. Roth S, Skrajny B, Reiffenstein R. Alteration of the morphology and neurochemistry of the developing mammalian nervous system by hydrogen sulphide. *Clin Exp Pharmacol Physiol.* 1995;22(5):379-80.
15. Hannah R, Roth S. Chronic exposure to low concentrations of hydrogen sulfide produces abnormal growth in developing cerebellar Purkinje cells. *Neurosci Lett.* 1991;122(2):225-228
16. Skrajny B, Hannah R, Roth S. Low concentrations of hydrogen sulphide alter monoamine levels in developing rat central nervous system. *Can. J. Physiol. Pharmacol.* 1992; 70(11):1515-1518
17. Dorman D, Brenneman K, Struve M, Miller K, James R, et al. Fertility and developmental neurotoxicity effects of inhaled hydrogen sulfide in Sprague-Dawley rats. *Neurotoxicology and Teratology.* 2000; 22(1):71-78
18. Saillenfait A, Bonnet P, de Cearriz J Effects of inhalation exposure to carbon disulfide and its combination with hydrogen sulfide on embryonal and fetal development in rats. *Toxicology Letters.* 1989; 48(1):57-66
19. Maebashi K, Iwadata K, Sakai K, Takatsu A, Fukui K et al Toxicological analysis of 17 autopsy cases of hydrogen sulfide poisoning resulting from the inhalation of intentionally generated hydrogen sulfide gas. *Forensic Sci.* 2011; 207(1-3): 91–95.
20. Sams R, Carver H, Catanese C, Gilson T. Suicide with hydrogen sulfide. *Am. J. Forensic Med. Pathol.* 2013; 34(2): 81–82.
21. Guidotti, T.L. Occupational exposure to hydrogen sulfide in the sour gas industry: some unresolved issues. *International Archives of Occupational and Environmental Health.* Vol. 66, no. 3 (1994). p. 153-160
22. Hydrogen sulfide. In: NIOSH pocket guide to chemical hazards. National Institute for Occupational Safety and Health, June 1997
23. Tvedt, B., et al. Brain damage caused by hydrogen sulfide: a follow-up study of six patients. *American Journal of Industrial Medicine.* Vol. 20 (1991). p. 91-101
24. Ahlberg, G. Hydrogen sulfide poisoning in shale oil industry. *A.M.A. Archives of Industrial Hygiene and Occupational Medicine.* Vol. 3 (Mar., 1951). p. 247-266
25. Toxicological profile for hydrogen sulfide. U.s. department of health and human services. Public Health Service Agency for Toxic Substances and Disease Registry July 2006

